UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL APLICADA AO SECTOR DO FORNECIMENTO DA ENERGIA ELÉCTRICA

JOAQUIM DUARTE BARROCA DELGADO

Dissertação submetida à Universidade de Coimbra,
para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Electrotécnica,
Especialidade de Sistemas de Energia.

COIMBRA
SETEMBRO DE 2002

GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL APLICADA AO SECTOR DO FORNECIMENTO DA ENERGIA ELÉCTRICA

por

Joaquim Duarte Barroca Delgado

Licenciado em Engenharia Electrotécnica (1987)
Mestre em Sistemas e Automação (1994)
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra

Dissertação submetida à Universidade de Coimbra,
como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Electrotécnica,
Especialidade de Sistemas de Energia.

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra

Coimbra
Setembro de 2002

O trabalho de investigação descrito nesta dissertação foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Electrotécnica da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Viseu, e foi parcialmente financiado pelo Ministério da Educação ao abrigo do PRODEP III, Medida 5/Acção 5.3 - Formação Avançada no Ensino Superior - Concurso Público nº 2/2000 - Doutoramentos.

	União Europeia Fundo Social Europeu	

Tese realizada sob a supervisão de

Prof. Doutor Aníbal Traça de Almeida

Professor Catedrático do
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Pedro Manuel Tavares de Andrade Saraiva

Professor Associado do
Departamento de Engenharia Química
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra

"Porque um só tempo é o nosso.
E o tempo é hoje"

Manuel Alegre

Dedico este trabalho
à minha família.

Resumo

O sector eléctrico encontra-se nas últimas décadas a atravessar um período de profundas transformações. Estas devem-se, em primeira instância, à tentativa para dar resposta às modificações muito rápidas que se têm feito sentir em todos os domínios que com ele se relacionam. Como principais factores responsáveis por este estado de coisas podemos referir: 1. grandes avanços tecnológicos e a consequente alteração da natureza das cargas; 2. maior exigência de qualidade dos processos actuais; 3. postura mais exigente dos clientes para com todo o tipo de produtos e serviços; 4. peso crescente das questões ambientais e sobretudo dos impactos associados às tecnologias de geração; 5. liberalização em curso no sector a nível mundial; 6. proliferação da geração distribuída; 7. elevadas taxas de crescimento da procura. A par com estas causas, devido à emergência do fenómeno da globalização, muitos sectores laboram hoje com margens de lucro marginais, levando a que a disponibilidade de energia eléctrica com qualidade constitua *um factor crucial para a competitividade* de grande número de actividades económicas.

Na procura de soluções para os problemas acima referidos tem havido, por parte das entidades envolvidas no sector, a preocupação em prestar um serviço com qualidade cada vez mais elevada e adequada às novas realidades. Mas, apesar dos esforços desenvolvidos, e devido sobretudo às limitações intrínsecas dos sistemas de fornecimento tradicionais, a qualidade que é possível disponibilizar caracteriza-se por um número significativo de perturbações, e encontra-se desadequada às exigências da economia digital, que necessita de energia eléctrica com "qualidade digital". Para minimizar as consequências desta desadequação, têm vindo a ser desenvolvidos múltiplos esforços, numa grande diversidade de domínios tecnológicos. Entre esses, há dois que nos merecem uma ênfase especial, devido à sua eficácia: 1. geração de energia junto das cargas, também designada por *geração distribuída;* 2. *novas tecnologias de armazenamento de energia* que permitem, entre outras características, dotar os equipamentos e instalações críticas com capacidade para operar em ambientes "agressivos", do ponto de vista das perturbações na qualidade da energia eléctrica, sem comprometerem a sua funcionalidade.

Esta dissertação desenvolve uma abordagem com base na perspectiva delineada nos pontos anteriores, sendo nossa convicção que, apesar de o sistema tradicional (assente na produção centralizada) apresentar algumas limitações, está muito longe de estar esgotado. A sua melhoria contínua, a introdução de novas tecnologias, bem como a aplicação de metodologias de Gestão da Qualidade Total, centradas no cliente e nas suas necessidades reais, podem trazer grandes vantagens e uma melhor adequação às exigências actuais. Como ponto de partida, desenvolve-se um estudo com vista ao levantamento detalhado do *Panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal*, do qual emerge um importante conjunto de indicadores e uma amostra de clientes para aplicação do QFD (ferramenta de Gestão da Qualidade) ao sector eléctrico nacional. São identificadas e clarificadas as novas exigências e responsabilidades das partes envolvidas perante cenários de produção, distribuição e utilização da energia eléctrica que têm vindo a evidenciar grandes evoluções. Na sequência da aplicação do QFD e da forte interacção com um grande número de “actores do processo”, chegamos à conclusão de que, com base no sistema de produção tradicional, ainda predominante, e implementado o conjunto de soluções

emergente, é possível actuar num conjunto de áreas críticas para implementar os requisitos do cliente relativos ao produto/serviço energia eléctrica, que actuam nas seguintes vertentes: 1. melhoria significativa da qualidade do serviço prestado; 2. implementação de uma cultura que tenha por base a obsessão pelo cliente; 3. segmentação do mercado; 4. disponibilização de apoio técnico num conjunto de domínios estratégicos. Através destas apostas será possível, 1. melhorar a qualidade da energia eléctrica actualmente disponibilizada; 2. aumentar a utilidade dessa qualidade através de uma utilização mais responsável e melhor informada; 3. incrementar o índice global de satisfação dos clientes e 4. disponibilizar qualidade diferenciada para os clientes com aplicações de elevada criticidade.

Abstract

During recent decades the electrical sector has undergone profound changes resulting, in the first instance, from attempts to respond to the rapid developments which took place in all of its domains. The main factors which gave rise to these transformations are: 1. the great technological advances and the consequent modification of loads; 2. the need for higher quality imposed by current processes; 3. the emergence of more stringent customers for all types of products and services; 4. the increasing emphasis on the environmental impact of power production technologies; 5. the ongoing privatization in the electrical sector around the world; 6. the proliferation of distributed generation and 7. the high growth rates in the demand for power. In parallel to these causes, due to the emergence of globalization, many sectors operate nowadays with marginal levels of profitability, bringing about a situation where the availability of quality electrical energy constitutes a crucial factor in the competitiveness of most economic activities.

In their search for solutions to the above mentioned problems, the organizations involved in the sector sought to provide an increasingly higher level of quality, better suited to the new reality. However, in spite of all the efforts made, and due above all to the intrinsic limitations of the traditional supply systems, the quality which could be achieved is characterized by a significant number of disturbances, unsuitable to the needs of the digital economy, which requires electrical energy with "digital quality". To minimize the consequences of this mismatch between quality supplied and quality required, multiple efforts were made in many technological domains. Among such projects, two deserve special mention because of their efficacy: 1. the generation of electricity near the loads, also designated as *distributed generation;* and 2. *the new technologies of energy storage*, which, among other characteristics, deliver to equipment and critical installations the capacity to operate in environments which are hostile from the point of view of disturbances in the quality of electrical energy, without compromising their functionality.

This dissertation develops an approach based on the perspective outlined in the previous paragraph and it is our conviction that, in spite of the fact that the traditional supply system (based on centralized production) contains some limitations, it is still a long way from being outmoded. Its continuous improvement, the introduction of new technologies, as well as the application of methodologies and application of *Total Quality concepts*, centered on the customers and their real needs, can bring great advantages and a better adaptation to current needs. As a starting point, we conducted a deep study of the *"Power Quality Panorama in Portugal"* from which emerged an important group of indicators and a sample of customers for the application of QFD (an advanced Quality Management tool) to the electrical energy sector in Portugal. The new needs and responsibilities of the interested parties are identified and clarified in relation to the production, distribution and utilization of electrical power consonant with the new developments. Following the application of QFD and the intense interaction among the large number of “actors in the process”, we reached the conclusion that, based on the current traditional supply system, and deploying the emergent group of solutions, it is possible to achieve major advances in a group of critical areas (considered to be highly effective) to deliver

the customer's electricity requirements relative to the product and service, emphasizing the following areas: 1. significant improvement in the quality of service provided; 2. implementation of a culture highly focused on the customer; 3. segmentation of the market; 4. provision of technical support in a group of strategic domains. Investing in these items it will be possible to: 1. improve the quality of the electrical energy currently being supplied; 2. increase the usefulness of that quality through a more responsible and better informed utilization; 3. increase the overall index of customer satisfaction; 4. provide quality differentiated according to criticalness of the customer needs.

Agradecimentos

Esta dissertação materializa o atingir um objectivo que implicou cinco anos de árduo esforço. Além do grande investimento na investigação e implementação do plano de trabalhos, ocorreram neste período eventos que tornaram o percurso menos fácil. Mas, como em tudo na vida, aconteceram também coisas muito boas e que, por esse facto, hoje minimizam todas as dificuldades e fazem sentir que tudo valeu a pena.

Antes de endereçar qualquer agradecimento, desejo manifestar que, olhando de forma retrospectiva este período, ainda que a uma curta distância, considero-me um privilegiado relativamente às pessoas com quem tive o prazer de trabalhar e às vivências daí proporcionadas. Os próximos parágrafos constituem uma tentativa de exteriorizar a minha elevada consideração e estima por todas elas.

Em primeiro lugar desejo manifestar uma profunda gratidão ao Prof. Doutor Aníbal Traça de Almeida pela grande amizade, estímulo, disponibilidade, ensinamentos e oportunidades facultadas pelas longas conversas sobre muitos dos temas relacionados com o trabalho, e não só, e pela orientação facultada com grande sapiência, sempre que dela necessitei.

Exactamente com o mesmo nível de reconhecimento, desejo agradecer ao Prof. Doutor Pedro Andrade Saraiva por me ter recebido, de espírito aberto, desde o primeiro encontro, em Janeiro de 97, para desenvolver investigação no domínio da qualidade, aplicada ao sector eléctrico nacional. A sua metodologia de trabalho, a visão e o rigor colocados em todas as tarefas em que se empenha fazem-me sentir a maior estima e admiração pela sua Pessoa.

Ao Eng. Fernando Mamede Santos pelo companheirismo, amizade e incentivo que sempre me transmitiu e pelas sugestões e contributos na revisão de textos.

Ao Prof. Doutor João Pedro Antas de Barros, pelo incentivo sempre demonstrado quando dos nossos encontros esporádicos e pelos advertências difundidas à comunidade académica em que me insiro, pelo menos desde 1996, de que, perante os "ventos de mudança", nos incentivou a "construir moinhos".

Aos companheiros das tertúlias da qualidade, Marco Seabra, Sofia David, Jorge Figueira, Pedro Lima, Belmiro Duarte e Maria João da Rosa pela colaboração em todos os pedidos de pareceres e especialmente na elaboração do KJ dos requisitos.

À EDP, S.A. e em especial aos Eng. António Amorim, Eng. José Figueiredo Soares e Dra. Maria Antónia Fonseca, pelos valiosos contributos e apoios concedidos.

Ao Prof. Doutor João Peças Lopes da FEUP, Eng. Leite Garcia da ERSE e Prof. Doutora Maria Teresa Correia de Barros do IST, pelas contribuições e visões facultadas sobre a evolução do sector eléctrico nacional. À Prof. Doutora Ilic Marija do Energy Lab. do M.I.T. (Cambridge, MA, EUA) e Prof. Doutora Annette Von Jouanne da Oregon State University (Corvallis, OR, EUA), pelas entrevistas concedidas e pelos complementos facultados para uma visão do sector eléctrico mais alargada. Ainda ao Prof. Doutor Ben Banerjee do EPRI (Palo Alto, CA, EUA), pela grande simpatia, esclarecimento de dúvidas e cedências de algum material para pesquisa.

Aos colegas da ESTV, Luís Oliveira Rodrigues, Antero Ferreira, Eduardo Gouveia, Paulo Moisés, José António Oliveira e Bruno Marques pela colaboração prestada, com pareceres e respostas aos questionários.

À ESTV, onde muito me orgulho de trabalhar, nas pessoas do Eng. Fernando Sebastião, Dr. Rogério Matias e Eng. Paulo Mendes, por todos os recursos disponibilizados, bem como pela possibilidade proporcionada de concorrer ao Programa PRODEP, sem os quais seria impossível concretizar este trabalho no período em que decorreu.

À Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento, pelo suporte financeiro concedido para apoio da participação no Congresso Mundial da *Power Systems World 2000*.

Ao Alberto Cardoso e Rafael Bidarra, pela grande amizade e permanente incentivo à prossecução dos trabalhos, e ao Jorge Bernardino, por tudo isso, e pela disposição para a leitura desta dissertação durante o seu período de férias.

Ao Dr. João Paulo Balula, pelo contributo na revisão final de alguns textos.

A todos os empresários e em especial aos meus ex-colegas e amigos, Gilberto Pereira, Carlos Martins, Henrique Miranda, João Leão Costa, Paulo Pires e João Carlos Cardoso, hoje colaboradores em grandes empresas, e empresários, pelos valiosos contributos na realização do trabalho de campo, sem os quais tudo seria menos rico e mais difícil.

À São pela compreensão, incentivo e carinho sempre manifestados, apesar dos graves problemas de saúde por que passou durante uma boa parte deste período, e ao Ricardo e à Ana Luísa por terem muitas vezes compreendido a minha ausência.

A todos os que de algum outro modo se cruzaram comigo durante esta caminhada e não foram citados, manifesto o meu agradecimento sincero.

Índice

1. Introdução 1

1.1 Sector eléctrico: um domínio em grande turbulência 1
1.2 As reacções do sector 9
1.3 Necessidade de novas abordagens. 10
1.4 Estrutura e organização da dissertação. 11
1.5 Principais contribuições desta dissertação 13

2. A problemática da qualidade no sector da energia eléctrica 15

2.1 Evolução histórica do movimento da qualidade 15
2.1.1 Evolução da qualidade no plano dos conceitos 16
2.1.2 As normas ISO 9000. 21
2.1.3 O movimento da certificação com as normas ISO 9000 no sector eléctrico. 21
2.1.4 Os Prémios de Excelência 24
2.1.5 Tendências do movimento da qualidade 25
2.2 Evolução histórica do uso da energia eléctrica 27
2.2.1 Diferentes etapas da expansão 27
2.2.2 Evolução das preocupações com a qualidade da energia eléctrica. . . 29
2.2.3 Factores que interferem com a qualidade da energia eléctrica 31
2.2.4 Perturbações mais frequentes e significativas 35
2.3 A importância da qualidade da energia eléctrica na actualidade 37
2.3.1 A qualidade actualmente disponibilizada 37
2.3.2 A qualidade exigida pelas aplicações actuais. 39
2.3.3 Os custos da não qualidade (ou *"PQ Costs"*). 42
2.3.4 Acções que têm vindo a ser desenvolvidas para minimizar os problemas 46
2.4 A situação do sector eléctrico em Portugal 52
2.5 O trabalho de campo 54

3. Novas tecnologias ao serviço da qualidade da energia eléctrica 55

3.1 Introdução 55
3.2 Evolução nas tecnologia dos componentes electrónicos de estado sólido 58
3.3 Evolução das tecnologias de geração local ou distribuída 61
3.3.1 Sistemas de alimentação ininterrupta sem baterias, baseados em motores de combustão interna 67
3.3.2 Microturbinas 73
3.3.3 Células de Combustível 77
3.3.4 Sistemas híbridos constituídos por Células de Combustível e Microturbina 96
3.3.5 Motores Stirling 98
3.3.6 Grande aposta nas energias renováveis (Solar e Eólica) 100
3.3.7 Análise comparativa das diferentes tecnologias. 101
3.4 Evolução nas tecnologias de armazenamento de energia eléctrica. 105
3.4.1 Baterias Electroquímicas 110
3.4.2 Bobinas Supercondutoras (SMES) 113
3.4.3 Baterias Electromecânicas (ou *"Flywheels"*) 118
3.4.4 Super Condensadores 122

3.4.5 Células de Combustível Regenerativas 126
3.4.6 Sistemas de armazenamento de energia em ar comprimido 131
3.4.7 Análise comparativa das diferentes tecnologias de armazenamento de energia 133
3.5 Transporte, distribuição e utilização da electricidade em corrente contínua . . 134
3.6 Utilização de novos materiais nos equipamentos eléctricos 135
3.7 Evolução das tecnologias de monitorização, telemedida e controlo 137
3.7.1 Funções suportadas pelos novos aparelhos de medida 137
3.7.2 Novas tecnologias utilizadas ao nível dos transdutores de medida . . . 140

4. Metodologias utilizadas no trabalho de campo 143

4.1 Introdução 143
4.2 Metodologias de desenvolvimento de novos produtos: Método Sequencial *versus* Engenharia Paralela 144
4.2.1 Método Sequencial 144
4.2.2 Engenharia Paralela 146
4.3 Engenharia de Conceitos e QFD. 149
4.4 Aplicação prática do QFD. 151
4.4.1 Descrição sucinta de cada uma das etapas de aplicação do QFD. 151
Etapa 1: Recolha das Vozes dos Clientes 151
Etapa 2: Transformação das Vozes em Requisitos 154
Etapa 3: Organização e quantificação da importância dos Requisitos . 155
Etapa 4: Definição do novo conceito de produto/serviço 157
Etapa 5: Conversão dos requisitos em especificações e características técnicas do produto 159
4.4.2 A Casa da Qualidade 159
Quarto 1: Requisitos do Cliente 160
Quarto 2: Características do produto/serviço. 161
Quarto 3: Matriz das Relações 161
Quarto 4: Confronto com a Concorrência 162
Quarto 5: Avaliação Técnica 163
Quarto 6: Correlação entre características 163
Quarto 7: Planeamento das características 164
Quarto 8: Especificações do produto 164
4.5 Software de suporte para a aplicação do QFD. 165
4.6 Aplicações do QFD no sector da energia eléctrica 167

5. Aplicação do QFD ao sector da energia eléctrica 171

5.1 Introdução 171
5.2 Selecção da amostra para recolha de vozes 173
5.2.1 Escolha de uma solução 173
5.2.2 Síntese da metodologia utilizada na realização do estudo preliminar . . 174
5.2.3 Escolha da amostra de clientes para aplicação do QFD 178
5.3 Recolha das vozes 179
5.3.1 O guião da entrevista 179
5.3.2 Realização das entrevistas 179
5.4 Processamento das vozes 183
5.4.1 Redução do número de vozes 183
5.4.2 Transformação das vozes em requisitos 184
5.4.3 Estruturação dos requisitos 186

5.4.4 Aplicação do método KJ 186
5.4.5 Elaboração final do quadro dos requisitos do produto/serviço 192
5.5 Quantificação da importância dos requisitos 194
5.5.1 Elaboração do questionário Kano 194
5.5.2 Aplicação do questionário Kano 194
5.5.3 Análise dos questionários Kano 195
5.5.4 Aprofundamento do estudo com uma análise detalhada por segmento de mercado 203
5.6 Definição do novo conceito de produto e de serviço. 211
5.6.1 Desenvolvimento de análises separadas para a emergência dos conceitos de produto e de serviço para os sectores doméstico e industrial 212
5.6.2 Análise comparativa entre os conceitos emergentes das três análises . 219
5.6.3 Emergência do novo conceito de empresa. 220
5.7 Construção da Casa da Qualidade 231
5.7.1 Quarto 1 - Requisitos do cliente 231
5.7.2 Quarto 2 - Características do produto e do serviço 233
5.7.3 Quarto 3 - Preenchimento da Casa 236
5.7.4 Quarto 6 - Preenchimento do Telhado da Casa 236
5.7.5 Quarto 4 - Confronto com a concorrência 239
5.7.6 Determinação do índice de dificuldade (técnica e financeira) de implementação de cada uma das características 244
5.8 Conclusões da aplicação do QFD 250

6. Validação das soluções encontradas com a aplicação do QFD 251

6.1 Introdução 251
6.2 Definição do protótipo do produto/serviço 252
6.3 Escolha de uma amostra de clientes para efectuar a validação 257
6.4 Aplicação do questionário 258
6.5 Processamento das respostas com análise crítica 258
6.5.1 Análise agregada de toda a informação 258
6.5.2 Análise por segmento de mercado e por domínio estratégico 267
6.6 Conclusões globais da validação das soluções 272

7. Conclusões e trabalho futuro 273

7.1 Grandes transformações em curso no sector eléctrico 273
7.2 Principais conclusões retiradas do trabalho de campo efectuado. 274
7.3 Comparação das soluções encontradas com a evolução do sector eléctrico nacional 276
7.4 Futuros desenvolvimentos. 279
7.4.1 Aplicação contínua do QFD 280
7.4.2 Acompanhamento da evolução nas tecnologias ao serviço do sector eléctrico. 280
7.4.3 Necessidade de difusão eficaz da informação 280
7.4.4 Selecção de instalações piloto para implementação de projectos de demonstração 281
7.5 Linhas de investigação futura. 282

8. Referências 283

Anexos

(em volume separado)

Anexo A	Etapas de desenvolvimento da aplicação do QFD.
Anexo B	Questionário para a realização do estudo preliminar.
Anexo C	Relatório final do "Estudo sobre o Panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal".
Anexo D	Guião para a realização das entrevistas.
Anexo E	Vozes dos Clientes + Imagens.
Anexo F	Poster com as múltiplas imagens sobre: "O que é a electricidade para si?".
Anexo G	Tradução Semântica das Vozes em Requisitos.
Anexo H	Diagrama obtido com a realização do KJ.
Anexo I	Questionário Kano.
Anexo J	Estudo detalhado dos questionários Kano.
Anexo K	Domínios mais importantes do produto e serviço para os clientes do sector doméstico.
Anexo L	Domínios mais importantes do produto e serviço para os clientes do sector industrial.
Anexo M	Domínios mais importantes do produto e serviço para todos os clientes.
Anexo N	Material de apoio à sessão de "Brainstorming".
Anexo O	Casa da Qualidade.
Anexo P	Validação das soluções encontradas com a aplicação do QFD.

Lista de Figuras

Capítulo 2

2.1 Modelo de avaliação da EFQM 26
2.2 Grandes períodos na história do sector eléctrico 30
2.3 Circuito equivalente de uma carga não linear 34
2.4 Formas de onda da corrente absorvida por uma carga não linear típica. 34
2.5 Diagrama de uma FAC, utilizada hoje em grande número de dispositivos eléctricos/electrónicos 35
2.6 Média anual das perturbações evidenciadas nas redes de distribuição dos EUA. . . 37
2.7 Perturbações nos níveis de tensão à entrada de uma fábrica de semicondutores representadas sobre a curva CBEMA 38
2.8 Papel dos "PowerChips" na integração das novas tecnologias de geração e armazenamento de energia eléctrica com vista ao fornecimento de alta fiabilidade 40
2.9 Curva CBEMA/ITIC com as tolerância permitidas para as flutuação nos níveis da tensão disponibilizada pelas redes de distribuição 47
2.10 Filosofia de actuação das tecnologias reparadoras 49
2.11 Curva CBEMA/ITIC de tolerância de flutuação nos níveis de tensão, aplicável aos equipamentos monofásico 50

Capítulo 3

3.1 Representação de uma ponte inversora para transformação de tensão DC em AC . 61
3.2 Diagrama com o princípio de funcionamento de uma UPS 68
3.3 Diagrama esquemático de funcionamento do "Gen-Set" da HITEC 69
3.4 Transição para o modo de emergência da UPS sem baterias da HITEC 70
3.5 UPS de 500 kW, sem baterias da HITEC 71
3.6 Princípio de funcionamento da tecnologia Written Pole™ 72
3.7 UPS sem baterias com a tecnologia Written Pole™ 72
3.8 Princípio de funcionamento das microturbinas 73
3.9 Microturbina da Capstone (30 kW) 75
3.10 Evolução do teor de carbono nos combustíveis utilizados pelo homem 79
3.11 Compostos produzidos com a tecnologia de combustão 80
3.12 Processo electroquímico dentro de uma Célula de Combustível 81
3.13 Fluxos dentro da Célula de Combustível 82
3.14 Esquema de um sistema tradicional de geração de energia com FC 83
3.15 Ciclo da produção de hidrogénio com energia solar 88
3.16 Evolução comparativa do preço (em USD/kW) para a FC actualmente mais difundida (PC25™ da ONSI) face a outras tecnologias de GD 90
3.17 Evolução dos custos relativos a aplicações de FC em automóveis e autocarros, relativamente aos custos da tecnologia diesel tradicional 90
3.18 Estimativas de evolução das tecnologias de propulsão automóvel em face do desenvolvimento das FC 91
3.19 Componentes do sistema híbrido DFC/Microturbina da Siemens/Westinghouse . . 97
3.20 Princípio de funcionamento do motor Stirling 98
3.21 Imagem de um sistema concentrador solar com MS, da Stirling Energy System™ 100
3.22 Eficiência energética comparativa das diferentes tecnologias 103
3.23 Princípio do armazenamento de energia 106
3.24 Contributos do armazenamento de energia para a melhor exploração dos sistemas de P&T&D 108
3.25 Diagrama de uma UPS com tecnologia de armazenamento electroquímica 112

3.26 Elemento armazenador de energia numa SMES 114
3.27 SMES em situação normal de operação 115
3.28 SMES em situação de reparação 115
3.29 Disponibilização prática de um sistema SMES 116
3.30 Ilustração do elemento armazenador de energia numa *"Flywheel"* 118
3.31 Esquema interno de funcionamento de uma Bateria Electromecânica 119
3.32 Diagrama do fluxo gerado pelo volante de inércia de uma *"Flywheel"* 119
3.33 Carga da *"Flywheel"* 120
3.34 Descarga da *"Flywheel"* 120
3.35 Integração de uma *"Flywheel"* numa UPS sem baterias 121
3.36 Super Condensador com 2500 F (7200 J) 122
3.37 Localização dos Super Condensadores face a outros armazenadores de energia . . 123
3.38 UPS da ESMA, com Super Condensadores 125
3.39 Sistema de armazenamento de energia reversível, através de uma RFC 127
3.40 Visão global do sistema de armazenamento de energia da Regenesys™ 128
3.41 Funcionamento interno das Células de Fluxo Redox 129
3.42 Aspecto de uma instalação com o sistema Regenesys™ 130
3.43 *"Layout"* do sistema electromecânico do sistema CAES 132
3.44 Transdutor de corrente de fibra óptica da NXTPhase™ 140
3.45 Aplicação de um transdutor da NXTPhase™ 142
3.46 Medidor de corrente e tensão, da NXTPhase™, com interface analógico 142

Capítulo 4

4.1 Etapas do método sequencial de desenvolvimento de novos produtos 145
4.2 Modelo de concepção de um novo produto com base na Engenharia Paralela . . . 147
4.3 Investimento comparativo entre as duas metodologias e número de alterações a efectuar na fase arranque da produção 148
4.4 Ilustração da maior eficácia associada às etapas iniciais de aplicação da Engenharia Paralela 149
4.5 Visualização do processamento de informação com a Engenharia de Conceitos 150
4.6 Etapas de desenvolvimento na aplicação do QFD 152
4.7 Volume de informação captado em cada entrevista do QFD 154
4.8 Gráfico de Kano com as classificações dos requisitos. 157
4.9 Etapas de desenvolvimento da metodologia de Pugh 158
4.10 Principais componentes da Casa da Qualidade 160

Capítulo 5

5.1 KJ dos Requisitos 189
5.2 Gráfico de Kano para os requisitos de todos os clientes 198
5.3 Gráfico de Kano para os requisitos dos clientes domésticos 207
5.4 Gráfico de Kano para os requisitos dos clientes industriais 210
5.5 Metodologia de Pugh 222
5.6 Casa da Qualidade 237

Capítulo 6

6.1 Índice de satisfação com a situação actual em cada um dos requisitos 266
6.2 Índice de percepção de melhoria futura em cada um dos requisitos 266
6.3 Representação do impacto das soluções encontradas sobre o índice de satisfação actual dos clientes (para todos os requisitos) 267

Lista de Tabelas

Capítulo 2

2.1 Panorama mundial do número de empresas certificadas segundo as normas ISO 9000 para a produção e distribuição de energia eléctrica 23
2.2 Evolução mundial do número de empresas certificadas segundo as normas ISO 9000 para a produção e distribuição de energia eléctrica 24
2.3 Problemas mais frequentemente observados na qualidade da energia 36
2.4 Índices de fiabilidade e tempos de interrupção associados 39
2.5 Estimativas do custos provocados por uma hora de interrupção em alguns dos sectores mais críticos (valores em USD) 44
2.6 Distribuição dos "PQ Costs" por unidade industrial 44

Capítulo 3

3.1 Estimativas de crescimento da GD a nível mundial 63
3.2 Síntese das várias FC analisadas 89
3.3 Informação relativa à eficiência energética e outros dados das diferentes tecnologias de GD 102
3.4 Custos por kW instalado e níveis de emissões ambientais das diferentes tecnologias 104
3.5 Algumas características das tecnologias com o princípio de armazenamento electroquímico 111
3.6 Síntese sobre as várias tecnologias de armazenamento de energia analisadas . . . 133

Capítulo 5

5.1 Excerto do inquérito utilizado para o estudo preliminar 174
5.2 Sectores alvo do estudo preliminar 176
5.3 Agrupamento de sectores para tratamento estatístico dos inquéritos recebidos . . 177
5.4 Excerto do guião da entrevista para a recolha de vozes dos clientes 179
5.5 Excerto de uma entrevista efectuada a um cliente do sector industrial 181
5.6 Excerto da listagem total das vozes dos clientes captadas com as entrevistas . . . 182
5.7 Tradução semântica das vozes em requisitos (para vozes relacionadas com a qualidade comercial) 185
5.8 Requisitos chave 187
5.9 Estruturação dos requisitos emergente da aplicação do KJ. 191
5.10 Estrutura final com todos os requisitos relacionadas com o fornecimento de energia eléctrica 193
5.11 Matriz de classificação dos requisitos 196
5.12 Resultados globais da contagem de classificações dos questionários Kano 197
5.13 Listagem da classificação dos requisitos para a totalidade dos clientes 199
5.14 Listagem dos requisitos segundo o seu grau de importância relativa decrescente e classificação dominante (para todos os clientes) 201
5.15 Agrupamento dos requisitos em torno das classificações dominantes e segundo o seu grau de importância relativa decrescente, para a totalidade dos clientes 202
5.16 Classificação e importância relativa atribuída aos requisitos pelos diferentes grupos de clientes 204
5.17 Requisitos ordenados por ordem decrescente do grau de importância relativa para os clientes domésticos 205
5.18 Agrupamento dos requisitos segundo a sua classificação para os clientes domésticos 206

5.19 Requisitos ordenados por ordem decrescente do grau de importância relativa para os clientes industriais 208
5.20 Agrupamento dos requisitos segundo a sua classificação para os clientes industriais 209
5.21 Produto/serviço para o sector doméstico 213
5.22 Produto/serviço para o sector industrial 215
5.23 Produto/serviço para a totalidade dos clientes. 217
5.24 Domínios estratégicos para o sector doméstico 219
5.25 Domínios estratégicos para o sector industrial. 219
5.26 Domínios estratégicos para a totalidade dos clientes 219
5.27 Conceitos de empresa captados com a sessão de *"Brainstorming"* 221
5.28 Conjunto inicial de conceitos de empresa associados ao fornecimento de energia eléctrica 223
5.29 Matriz de Pugh (primeira iteração) 224
5.30 Conjunto de conceitos híbridos de empresa associados ao fornecimento de energia eléctrica 225
5.31 Matriz de Pugh (segunda iteração) 226
5.32 Conceito dominante de empresa associado ao fornecimento de energia eléctrica . 227
5.33-A Agrupamento das características do produto e serviço 229
5.33-B Agrupamento das características do produto e serviço (cont.) 229
5.33-C Agrupamento das características do produto e serviço (cont.) 230
5.34 Quarto 1 e chaminé da Casa da Qualidade 232
5.35-A Quarto 2 da C.Q. (com informação da - Qualidade da Onda) 233
5.35-B Quarto 2 da C.Q. (com informação da - Continuidade do Serviço) 234
5.35-C Quarto 2 da C.Q. (com informação da - Qualidade Comercial) 235
5.36 Níveis de classificação no confronto com a concorrência 240
5.37 Confronto com a concorrência (EDP/Endesa) 241
5.38 Determinação da relação benefício/custo para cada característica 246
5.39 Ordenação das características por ordem decrescente com base na sua relação benefício/custo 247
5.40 Ordenação das características com base na sua relação benefício/custo e agrupadas em torno dos domínios do produto/serviço 248

Capítulo 6

6.1 Requisitos em torno dos domínios estratégicos do produto/serviço 253
6.2 Excerto do questionário de validação das soluções 255
6.3 Ponderações atribuídas às diferentes alternativas em cada grupo de respostas 256
6.4 Validação do novo conceito de empresa 257
6.5 Síntese das respostas da totalidade dos clientes ao questionário 259
6.6 Impacto das soluções encontradas sobre o índice de satisfação actual de cada domínio estratégico do produto/serviço 261
6.7 Impactos das soluções encontradas por ordem decrescente da percepção de melhoria futura em cada domínio estratégico do produto/serviço (para todos os clientes) 262
6.8 Impacto das soluções encontradas no índice de satisfação com a situação actual, para cada requisito do produto/serviço, ordenadas por ordem decrescente da percepção de melhoria futura 265
6.9 Opinião da totalidade dos clientes acerca do novo conceito de empresa 267
6.10 Análise por domínio estratégico, para os clientes do sector residencial, ordenada por ordem decrescente da percepção de melhoria futura 268
6.11 Opinião dos clientes residenciais acerca do novo conceito de empresa 268

6.12 Análise por domínio estratégico, para os clientes do sector industrial, ordenadas por ordem decrescente da percepção de melhoria futura 269
6.13 Opinião dos clientes industriais acerca do novo conceito de empresa 269
6.14 Análise por domínio estratégico, para os clientes do sector dos serviços, ordenada por ordem decrescente da percepção de melhoria futura 270
6.15 Opinião dos clientes do sector dos serviços acerca do novo conceito de empresa 270
6.16 Índices de percepção de melhoria da satisfação futura por domínio estratégico e por segmento de mercado, para a totalidade dos clientes 271

Lista de Abreviaturas

Abreviaturas	Descrição
AC	Corrente Alternada.
AFC	*"Alkaline Fuel Cell"*, Célula de Combustível Alcalina.
AE	Armazenamento de Energia.
AEE	Armazenamento de Energia Eléctrica.
ANSI	*"American National Standards Institute"*.
ASIC	*"Aplication Specific Integrated Circuit"*, Circuito Integrado para Aplicação Específica.
AT	Alta Tensão.
BE	Bateria Electroquímica.
BT	Baixa Tensão.
CBEMA	*"Computer Business Equipment Manufacturer's Association"*.
CHP	*"Combined Heat and Power"*, geração combinada da electricidade e calor.
CHPC	*"Combined Heat, Power and Cold"* geração combinada da electricidade, calor e frio.
CIRED	*"International Conference on Electricity Distribution"*.
CIGRE	*"International Council on Large Electric Systems"*.
CHF	*"Clean Hidrocarbon Fuel"*, Combustível com baixo teor de Carbono.
COP	*"Conferences of the Parties"*, Conferência das partes (países) envolvidas no Protocolo de Quioto.
CAN	Canadá.
CCC	Central de Ciclo Combinado.
CENELEC	*"European Committee for Electrotechnical Standardization"*.
CP	Centro Produtor.
DC	Corrente Contínua.
DGE	Direcção Geral da Energia.
DFC	*"Direct Fuel Cell"*, Célula de Combustível com alimentação directa de combustível.
DMFC	*"Direct Metanol Fuel Cell"*, célula de combustível de alimentação directa de Metanol.
DOE	*"Department of Energy"*, Departamento da Energia dos Estados Unidos da América.
DSP	*"Digital Signal Processing"*, Processador Digital de Sinal.
EDP	Electricidade de Portugal.
EN	*"European Norm"* ou Norma Europeia.
EFQM	*"European Foundation for Quality Management"*.
EUA	Estados Unidos da América.
EPRI	*"Electrical Power Research Institute"*, organismo de investigação americano, na área da energia.
ERSE	Entidade Reguladora do Sector Eléctrico em Portugal.
FA	Fonte de Alimentação ou *"Power Supply"*.
FAC	Fonte de Alimentação Comutada ou *"Switched Mode Power Supply"*.
FACTS	*"Flexible AC Transport Systems"*.
FC	*"Fuel Cell"* ou Célula de Combustível.
GD	Geração Distribuída.
"Gen-Set"	Sistema Gerador de Energia Eléctrica accionado por motor com tecnologia de combustão.

Abreviaturas	Descrição
GQT	Gestão da Qualidade Total.
IEC	*"International Electrotechnical Commission"*.
IEEE	*"Institute of Electrical and Electronics Engineers"*.
ISO	*"International Organization for Standardization"*, Organização Internacional de Normalização.
ITIC	*"Information Technology Infrastructure Council"*.
IGBT	*"Insulated Gate Bipolar Transistor"* ou Transistor Bipolar com Base Isolada.
ISO	Organização Internacional de Estandardização.
MAT	Muito Alta Tensão.
MCI	Motor de Combustão Interna.
MS	Motor Stirling.
MCFC	*"Molten Carbonate Fuel Cell"*, Célula de Combustível de Carbonatos Fundidos.
MW	MegaWatt.
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico, que integra hoje 30 países, entre os quais Portugal.
OHSAS	Normas Regulamentadoras dos Sistemas de Gestão de Higiene, Segurança e de Saúde Ocupacional.
P&T	Produção e Transporte de Energia Eléctrica.
T&D	Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica.
P&T&D	Produção, Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica.
UNIPEDE	*"International Union of Producers and Distributors of Electrical Energy"*.
POR	Portugal.
PQ	*"Power Quality"* - qualidade da energia eléctrica (ou qualidade da onda).
PR	*"Power Reliability"* - fiabilidade da energia eléctrica (ou continuidade do fornecimento).
PWM	*"Pulse With Modulation"*, sistema de modulação por largura de impulsos.
PAFC	*"Phosphoric Acid Fuel Cell"*, Célula de Combustível de Ácidos Fosfóricos.
PEMFC	*"Proton Exchange Membrane Fuel Cell"*, Célula de Combustível com Membrana de Permuta de Protões.
PEX	Prémio de Excelência.
PLC	Controlador Lógico Programável.
RQS	Regulamento da Qualidade de Serviço.
QFD	*"Quality Function Deployment"* ou Desdobramento da Função Qualidade.
SEMI	*"Semiconductor Equipment and Material International"*
SEP	Sistema Eléctrico Público.
SMES	*"Superconducting Magnetic Energy Storage System"*, sistema de armazenamento de energia em Bobina Supercondutora.
SMFC	*"Solid Metal Fuel Cell"*, célula de combustível com alimentação de combustível metálico sólido.
SOFC	*"Solid Oxide Fuel Cell"*, célula de combustível de óxidos fundidos.
THD	*"Total Harmonic Distortion"*, Taxa de Distorção Harmónica Total.
UIE	União Internacional da Energia.
UE	União Europeia.
UPS	*"Uninterruptible Power Supply"*, fonte de alimentação ininterrupta.
TQM	*"Total Quality Management"* ou Gestão Total da Qualidade, sinónimo de GQT.
USD	*"United State Dollars"* ou Dólares Americanos.
VEV	Variador Electrónico de Velocidade.

Publicações

Durante a realização do trabalho de que resultou esta dissertação, o autor efectuou diversas publicações descrevendo algumas partes e fases do mesmo. Por esta razão alguma da informação aqui descrita foi já publicada. Na lista seguinte, os números entre parêntesis rectos, indicam os capítulos da dissertação onde os tópicos da respectiva publicação são tratados, constituindo a mesma uma das referências de base para a elaboração do capítulo.

[3] *"Qualidade da Energia Eléctrica na Actualidade e o uso de Novas Tecnologias Reparadoras"*, Joaquim Delgado, Pedro Andrade Saraiva e Aníbal Traça de Almeida, apresentado no 1º Congresso Nacional da Qualidade do IPQ, Aula Magna da UNL, Lisboa, 18 e 19 de Junho de 2000. Publicado nas Actas do Congresso editadas em CD-ROM.

[3] *"Melhoria da produtividade através do uso de novas tecnologias de armazenamento de energia"*, Joaquim Delgado, Aníbal Traça de Almeida e Pedro Andrade Saraiva, apresentado no 5º Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Electrotécnica, Exponor, Matosinhos, 4 e 5 de Abril de 2001. Publicado nas Actas do Encontro, páginas 79-84.

[3] *"Novas tecnologias para minimizar as consequências da insuficiente qualidade da energia eléctrica disponibilizadas pelas redes de distribuição"*, Joaquim Delgado, Aníbal Traça de Almeida e Pedro Andrade Saraiva, apresentado no Congresso Engenharias´2001, UBI-Covilhã, 5 e 6 de Novembro de 2001. Publicado nas actas do congresso, páginas 369-374.

[3] *"Soluções tecnológicas para minimizar os problemas decorrentes da insuficiente qualidade de serviço providenciada pelas redes de distribuição"*, Joaquim Delgado, Capítulo do livro com o título – Qualidade de Serviço de Energia: Causas, Consequências e Metodologias –, páginas 121-137, editado no âmbito da iniciativa da O.E. da Região Centro, denominada por "As segundas feiras dos Electrotécnicos", em 25 de Maio de 2002.

[5] *"The Power Quality Panorama in Portugal"*, Joaquim Delgado, Aníbal Traça de Almeida e Pedro Andrade Saraiva, apresentado no PowerSystems World 2000, Boston MA, EUA, 3 a 5 de Outubro de 2000. Publicado nas Actas da Conferência Power Quality 2000, páginas 785-795.

[5] *"Survey about the Power Quality Related Problems in Portugal"*, Joaquim Delgado, Aníbal Traça de Almeida e Pedro Andrade Saraiva, apresentado na Conferência U.I.E. 2000 (União Internacional da Energia), FIL-Parque das Nações, Lisboa, 1 a 4 de Novembro de 2000. Publicado nas Actas da Conferência, páginas 593-602.

1
Introdução

O trabalho descrito nesta dissertação pretende contribuir para a análise e melhoria global da qualidade do serviço prestado pelo sector do fornecimento de energia eléctrica em Portugal. As ideias fundamentais desenvolvidas para a persecução destes objectivos genéricos assentam nos seguintes pressupostos:

– A aplicação de metodologias da Gestão da Qualidade Total (GQT) ao sector eléctrico e mais especificamente da metodologia de Gestão da Qualidade denominada por Desdobramento da Função Qualidade ou QFD (*"Quality Function Deployment"*), e

– A adopção das melhores práticas e aplicação das tecnologias mais recentes para alcançar a melhoria da qualidade da energia, o aumento da fiabilidade do fornecimento e a robustez dos processos críticos às perturbações actualmente mais evidenciadas.

As investigações preliminares efectuadas para suporte de todo o trabalho incidiram genericamente sobre os seguintes grandes domínios: Gestão da Qualidade, grandes transformações em curso no sector eléctrico e novas áreas tecnológicas que visam obter uma maior qualidade e fiabilidade no fornecimento e utilização da energia eléctrica.

Neste capítulo descreve-se, de forma sucinta, a problemática da qualidade no sector da energia eléctrica no presente, bem como os cenários, relativamente recentes, que têm implicado grandes modificações no mesmo, e o maior grau de exigência dos clientes para com o fornecimento deste "produto". Na sequência dos novos cenários referidos, é enfatizada a necessidade de novas abordagens para tentar dar resposta às novas exigências, nos novos contextos, e justificada a necessidade da aplicação de ferramentas evoluídas de GQT.

1.1 Sector eléctrico: um domínio em grande turbulência

O sector eléctrico encontra-se, sobretudo nas duas últimas décadas, a atravessar um período de profundas transformações, cujas consequências ninguém poderá hoje claramente prever. Estas devem-se, em primeira instância, à sua tentativa para dar resposta às grandes alterações da sociedade e às modificações muito rápidas que se têm feito sentir em praticamente todos os domínios que com ele se relacionam. Como principais factores responsáveis por este estado de coisas podemos referir: *1.* Os grandes avanços tecnológicos e a consequente alteração da natureza das cargas, *2.* a maior exigência de qualidade dos processos actuais, *3.* a postura mais exigente dos clientes para com todos os tipos de produtos e serviços e, em particular, para

com as distribuidoras de energia eléctrica, *4.* o peso crescente das questões ambientais, e dos impactos associados às tecnologias de geração, *5.* a liberalização em curso no sector a nível mundial com a consequente emergência de novas regras económicas que o regem, *6.* a diversificação para novas fontes de energia primárias, *7.* o surgimento de novas tecnologias de geração e a proliferação da geração distribuída, *8.* aos grandes avanços nas tecnologias de armazenamento de energia eléctrica, *9.* as taxas variáveis de crescimento da procura e *10.* a grande incerteza associada aos investimentos de médio e longo prazo, fundamentais para uma resposta sustentada ao crescimento do sector.

Nos próximos parágrafos analisaremos de forma muito sucinta cada um destes domínios.

Alteração da natureza das cargas

Devido aos grandes avanços tecnológicos, relativamente recentes, o tipo de utilização que damos hoje à electricidade é drasticamente diferente daquele que lhe era dado há 20 anos atrás. A introdução maciça de componentes electrónicos, utilizando tecnologias altamente integradas, em todos os sectores de actividade, através de dispositivos como variadores electrónicos de velocidade, controladores lógicos programáveis, computadores, servidores, redes de dados, televisores, impressoras, fotocopiadoras, aparelhos de ar condicionado, novos tipos de iluminação, novos tipos de electrodomésticos, etc. alterou radicalmente o tipo de cargas. Todas estas, devido a possuírem elementos não lineares, provocam distorções elevadas na forma de onda das tensões nas redes que as alimentam, deixando estas de ser sinusoidais, e advindo daí muitos problemas. Devido a este facto, os novos tipos de dispositivos são simultaneamente os principais causadores de grande parte dos problemas na qualidade da energia na actualidade e as maiores vítimas dessa falta de qualidade, pois são altamente sensíveis às variações dos parâmetros característicos (e da qualidade!) da energia que recebem. Verifica-se que este cenário de proliferação tem vindo a agravar-se continuamente, pois cada vez é consumida mais energia por este novo tipo de cargas. De acordo com estimativas recentemente divulgadas [EPRI, 1999], em 2003 cerca de 60% de toda a energia eléctrica produzida será consumida por cargas não lineares, e em 2010 estima-se que este valor seja da ordem dos 80%, verificando-se que em alguns sectores, como por exemplo o dos serviços, este valor corresponde já quase à totalidade dos consumos [Hester, 2000].

Maior exigência dos processos

A par dos avanços tecnológicos registados durante as duas últimas décadas, a organização da economia mundial tem vindo a evoluir para a globalização. Hoje mais do que nunca devido à crescente, e quase total, dependência do funcionamento da sociedade moderna da energia eléctrica, à concorrência entre sectores similares à escala planetária, à maior criticidade e sensibilidade dos processos industriais para com a qualidade da energia eléctrica e às margens de lucro marginais associadas à laboração de muitos sectores (decorrente em parte da não uniformidade de critérios e de custos associados aos factores de produção), a disponibilidade de energia eléctrica com qualidade constitui um factor crucial para a competitividade de praticamente todas as actividades; tendo-se tornado este tema num assunto fulcral e de grande preocupação para todos os intervenientes envolvidos no sector. As áreas mais críticas a este nível

são as indústrias de processo contínuo e as indústrias intensivas em tecnologias de informação (serviços de telecomunicações, serviços de suporte ao comércio electrónico via Internet, corretoras, Web-sites, centros de dados, hospitais, aeroportos, instalações militares, etc.), a denominada economia digital que exige hoje energia eléctrica com "qualidade digital". Devido à sua natureza, estes sectores são concebidos para laborarem sem interrupções. Quando estas ocorrem provocam prejuízos muito avultados e impossibilitam que se atinjam os níveis de produtividade esperados, podendo por essa via inviabilizar economicamente todo um projecto e representar grandes perigos para a segurança de pessoas e bens deles dependentes ([Sheble, 1999], página 20).

Maior exigência dos clientes

Como consequência do processo de evolução da sociedade no respeitante aos seus crescentes níveis de automatização e da oferta de produtos e serviços com cada vez mais qualidade, o grau de exigência dos clientes tem vindo também a aumentar continuamente nos últimos anos, levando ao crescimento constante de uma cultura reivindicativa. Esta reflecte-se em todos os domínios da sociedade e, como é óbvio, também no sector da energia eléctrica. É hoje comum constatar que muitos clientes solicitam índices de qualidade e de fiabilidade, que necessitam para as suas actividades, muitas vezes incompatíveis com a capacidade de resposta dos sistemas tradicionais. Estas realidades impõem a necessidade de clarificação de regras e de definição objectiva sobre o que é suposto ser fornecido por cada fornecedor em cada região, e a adopção de Regulamentos da Qualidade de Serviço (RQS) que regulem, sem ambiguidades, estas relações comerciais. Por outro lado, devido à liberalização em curso no sector, a disputa do mesmo mercado por diferentes empresas comercializadoras de energia eléctrica começa a ser uma realidade em muitas regiões. Neste contexto, a capacidade que os clientes passam a ter de poder optar por fornecedores alternativos, associada à sua crescente exigência, constituem hoje importantes factores de pressão sobre as distribuidoras. Estas são hoje, mais do que nunca, obrigadas a introduzir melhorias de forma contínua em todos os sistemas e serviços, a provar que se preocupam com as questões ambientais, a adoptar novas formas de relacionamento com os clientes e a desenvolver estratégias para a sua retenção, como únicas formas de poderem garantir a sobrevivência.

Questões ambientais

As alterações climáticas evidenciadas no planeta nas últimas décadas, a manifestarem-se, entre outras formas, através de fenómenos com cada vez maior severidade e frequência, têm levado um número crescente de pessoas a olhar de forma muito séria para estas evidências, a questionar-se sobre as suas causas e a querer fazer alguma coisa no sentido de tentar ainda inverter o curso destes acontecimentos. A problemática dos impactos ambientais, exerce já hoje uma grande influência ao nível das novas tecnologias de produção de energia eléctrica e no desenvolvimento de directivas que regulem a diminuição do seu impacto ambiental. A regulamentação entretanto produzida, pretende actuar basicamente a dois níveis. Tenta por um lado incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias de geração assentes em fontes de energia alternativas e com menor nível de emissão de poluentes (responsáveis por exemplo, pelo

efeito de estufa) efectuando nomeadamente uma grande aposta nas fontes renováveis. Tenta por outro introduzir mecanismos que obriguem as centrais geradoras em funcionamento a aplicar tecnologias que permitam reduzir os níveis de emissão de poluentes. Ainda como estratégia para introduzir mecanismos de penalização dos impactos ambientais de cada uma das tecnologias, têm sido propostas metodologias com vista a fazer reflectir os mesmos nos custos da energia. Neste âmbito os conceitos de *energia verde* e de *externalidade* aparecem como vias de fazer penalizar as tecnologias mais poluidoras e de, pela vertente económica, criar condições para a maior penetração das mais limpas. Mas, os consensos internacionais até hoje conseguidos neste âmbito, constituem apenas uma base de partida para a planificação global das emissões de efeito de estufa. Considerem-se a este nível as posições do principal poluidor do Planeta na aceitação do tão mediatizado *Protocolo de Quioto*… No entanto, as mais recentes Conferências das Partes[1], a COP 5 realizada em Bona em Julho de 2001 e a COP 7 em Marraqueche em Novembro de 2001, vieram dar um importante impulso ao processo, obtendo a adesão de um número de países que representam já 55% das emissões de gases de efeito estufa e que, segundo os especialistas, permite efectivar a sua implementação. Estas COP´s constituem assim uma nova esperança e o quebrar do cepticismo dominante nos últimos anos. Apesar de não satisfeitos, os ambientalistas consideram muito melhor um pequeno avanço com algumas cedências, do que a situação anterior de total imobilismo. Entretanto ocorreram também os acontecimentos de 11 de Setembro de 2001, tão fortes e de multifacetado significado para a nação responsável por 25% das emissões planetárias, que talvez façam reflectir os seus governantes sobre as suas responsabilidades para com este acordo mundial e seja definitivamente dado um grande impulso para a sua efectiva implementação. Na União Europeia (que integra o grupo de países mais progressistas na implementação dos acordos) ensaiam-se os primeiros passos para que as emissões de CO_2 passem a constituir um custo, como qualquer outro, para as empresas produtoras de energia eléctrica. Encontra-se já em funcionamento experimental um mercado para as emissões deste composto, onde as empresas, para o poderem emitir para a atmosfera, "terão que o adquirir previamente" nessa bolsa. Espera-se assim que, por esta via, os custos de produção de electricidade venham a internalizar (ou integrar) os custos ambientais associados, reflectindo-se estes necessariamente nos preços de venda ao cliente final. Na sequência da imposição deste mecanismo as empresas tenderão a utilizar tecnologias mais económicas neste "factor de produção" com vista à produção de energia ao menor custo. E uma vez que, com a liberalização em curso, o cliente passa a dispor de capacidade de escolha do fornecedor, esta medida poderá conduzir à adopção progressiva de tecnologias menos poluidoras [Ferreira, 2001].

Liberalização

Constitui um princípio antigo de que quando a competição aumenta, os preços tendem a diminuir e a qualidade a aumentar. Como tentativa de aplicar este princípio na resolução de muitos dos problemas atrás referidos (e à semelhança do que foi antes efectuado noutros países e sectores, como o da aviação comercial, automóvel, saúde, educação, etc.), o sector eléctrico tem vindo gradualmente a ser liberalizado. O principal objectivo desta estratégia é o de transferi-lo de

[1] Designadas por **COP** *("Conferencies of the Parties")* e que integram todos os estados envolvidos na adopção e implementação do *Protocolo de Quioto*.

um sector tradicionalmente monopolizado, burocrático e pesado para um sector privatizado, que se pretende mais ágil, mais competitivo e mais adequado às novas realidades e exigências do mercado. Esta medida que pretende contribuir para a resolução de problemas, constitui simultaneamente uma das suas maiores causas de perturbação, pois as regras de base que regularam o sector durante praticamente um século, e que lhe permitiram expandir-se e ser o que é hoje, estão a ser alteradas, mexendo profundamente, num muito curto intervalo de tempo, com uma cultura de valores, de regras de gestão e de *status* instituído. As consequências hipotéticas deste processo têm originado opiniões bastante cépticas relativamente ao seu impacto a médio e longo prazo, tais como as proferidas por Walt Patterson [Patterson, 2000] no seu livro mais recente, onde afirma repetidas vezes ao longo do mesmo: *"…no futuro, em boa verdade, quem vai poder garantir que as suas lâmpadas estejam acesas, e como?"*, *"Você não pode mais perguntar quem vai manter as lâmpadas acesas. Você pode sim querer saber quem é o responsável por manter* ***AS SUAS*** *lâmpadas acesas"*, *"… já estamos a sentir a grande turbulência à nossa frente, apertem os vossos cintos de segurança…"* e ainda, *"…à medida que o sector eléctrico se vai transformando num negócio, este não é recomendável para pessoas com fragilidade cardíaca…"* entre muitas outras! Afirmações estas altamente expressivas sobre a visão deste investigador a respeito das futuras implicações das alterações em curso. A União Europeia (UE), como medida integrante da sua estratégia para o cumprimento dos compromissos assumidos no âmbito do *Protocolo de Quioto*, pretende que o mercado eléctrico europeu seja totalmente liberalizado até 2005. Esta medida já em curso e com uma implementação faseada, está a provocar uma enorme revolução também no nosso País. Integra na fase inicial os grandes clientes e de forma gradual todo o seu universo. Constituem os seus principais objectivos criar condições para o surgimento de concorrência efectiva ao nível da produção, transporte e distribuição (P&T&D), por forma a que se possa disponibilizar uma qualidade de serviço mais adequada às actuais necessidades dos clientes e uma redução dos impactos ambientais provocados pelo sector. Factos estes que não significam, no entanto, que o preço da electricidade possa vir a diminuir, uma vez que a serem introduzidos os custos ambientais associados a cada tecnologia de geração, estes terão que ser suportados pelo cliente. As medidas em curso constituirão também um elemento fortemente impulsionador para a progressiva penetração de fontes e tecnologias menos poluidoras, mais especificamente das energias renováveis, com especial ênfase para a eólica e a solar [Schett, 2001].

Diversificação das fontes de energia primárias

É hoje do conhecimento comum que a queima de combustíveis fósseis, sob todas as formas, constitui uma das principais ameaças para o equilíbrio ambiental do planeta. O facto de estes recursos serem esgotáveis e de serem cada vez mais controlados por países que oferecem baixos níveis de confiança, constituem factores com uma elevada incerteza para a manutenção dos níveis de crescimento e desenvolvimento que os estados desejam acautelar. Como medida preventiva para lidar com esta situação, tem-se assistido nas últimas décadas a um enorme esforço de diversificação para fontes alternativas. Em muitos países assiste-se a uma grande aposta no gás natural, devido a este combustível possuir reservas conhecidas mais abundantes que as do petróleo e níveis de impacto ambiental inferiores às dos outros combustíveis fósseis.

Tem-se assistido também em todo o mundo a uma forte aposta nas energias renováveis, nomeadamente na energia eólica e na solar fotovoltaica [Strebkov, 2001]. A taxa de crescimento mundial de instalação de capacidade de geração com base na fonte eólica é nos últimos anos de 28,5% ao ano. Só em Espanha, no ano de 2001, a capacidade eólica instalada foi incrementada em 30%, passando de 2567 para 3337 MW. A Alemanha constitui, à escala mundial, e no final de 2001, o País detentor da maior capacidade eólica instalada (com o valor de 8750 MW) [Jones, 2001]. A relevância hoje atribuída à exploração de fontes renováveis é de tal modo importante que a ABB anunciou recentemente o abandono de actividades tradicionais, para canalizar mais recursos para a produção de turbinas eólicas [Schett, 2001, Armistead, 2001]. Também a BP, uma multinacional associada aos combustíveis fósseis e seus derivados, acaba de anunciar a instalação em Espanha da maior fábrica do mundo para a produção de painéis solares fotovoltaicos [Aracil, 2001].

Geração distribuída

Decorrente da diversificação das fontes energéticas, em curso, da necessidade de electricidade com cada vez mais qualidade e fiabilidade e das restrições ao nível das emissões de poluentes, tem-se assistido nos últimos anos a uma grande evolução no domínio das novas tecnologias de produção de electricidade [Eby, 2001]. Algumas destas assentam no aperfeiçoamento de tecnologias há muito em exploração, como por exemplo as centrais de ciclo combinado (CCC), os motores de combustão interna (MCI) a gás natural, as microturbinas e os motores stirling (MS), mas outras em princípios totalmente diferentes dos explorados até hoje, como sejam as células de combustível (FC´s) com base em várias fontes de energia (hidrogénio, gás natural, propano, metano, etanol, metanol, gasolina, diesel, zinco, alumínio…). Todas estas tecnologias se direccionam para as novas exigências do sector e desempenham já um papel muito importante na geração de energia em pequenas quantidades e junto do local da sua utilização. Esta proliferação de geração distribuída (GD) está também a causar grandes modificações na forma tradicional de funcionamento centralizado do sector, levando inclusivamente à antevisão de muitos problemas ao nível da gestão das redes e do despacho, obrigando a repensar completamente os sistemas de T&D do futuro [FACTS, 1999]. Segundo Walt Patterson ([Patterson, 2000], página 149) num futuro relativamente próximo, *"a energia deixará de ser gerada em grande centrais, para passar a ser produzida por quem a consome"*, através da GD assente nas novas tecnologias em grande desenvolvimento e expansão como as microturbinas e as células de combustível já referidas. Segundo estimativas da Allied Business Intelligence Inc. dos EUA ([Gangi(a), 2001], página 2), a potência instalada em células de combustível estacionárias era em 2001 de 75 MW. Em 2010 esse valor será da ordem dos 15.000 MW, com um crescimento estimado deste sector de 250 vezes durante este período. Uma das maiores provas de confiança e sinal da enorme importância que é reconhecida às tecnologias de GD foi dada recentemente por uma das empresas líderes na construção de CCC, que anunciou o abandono desse negócio, para se concentrar na produção de sistemas de menores dimensões, adequado às novas tendências do mercado ([Sweet, 2001], página 84).

Armazenamento de energia eléctrica

Durante muito tempo considerou-se que a electricidade constituía uma forma de energia que não podia armazenar-se de forma directa e viável em quantidades significativas. Surge com frequência na literatura que *o sistema produtor necessita de responder instantaneamente às solicitações das cargas a ele ligadas*. Com efeito, assim que é introduzida uma carga adicional num dado sistema, a sua alimentação tem que ser garantida por algum mecanismo a fim de manter estáveis as suas condições de funcionamento, mas este não necessita obrigatoriamente de ser o sistema de produção convencional, a energia *pode estar armazenada em local próximo das cargas!* E assim, o pressuposto acima referido não corresponde hoje à realidade. Decorrente da enorme pressão que tem sido exercida sobre o sector, na busca de soluções para que este seja capaz de responder com maior eficácia às novas realidades e exigências, têm vindo a ser desenvolvidas um conjunto de novas tecnologias de armazenamento de energia e a aperfeiçoar algumas das existentes, que levaram ao surgimento de uma área nova, com cada vez maior importância. Para além das funções tradicionais de P&T&D, devemos considerar hoje também a do *armazenamento de energia eléctrica* (AEE) [Enslin, 2001], com capacidade para ser colocada junto das cargas. Esta caracteriza-se essencialmente pela existência de um armazém local de energia com capacidade para alimentá-las durante períodos curtos ou longos (dependendo da tecnologia e dos objectivos em causa), de modo a permitir que resistam sem problemas às perturbações na sua alimentação (cavas, cortes, micro-cortes, …), dotando-as de capacidade para ultrapassarem essas anomalias, sem comprometerem a sua funcionalidade. Além das vantagens já sucintamente referidas, o AEE em quantidades significativas junto das cargas consumidoras permite ainda alcançar algumas das vantagens da GD e obter grandes melhorias na exploração global dos sistemas de T&D. Na secção 3.4 analisaremos este tema em detalhe.

Crescimento variável da procura

As elevadas taxas de crescimento dos consumos, evidenciadas em grande número de países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento, de cerca de 7% ao ano ([Patterson, 2000], página 59) têm obrigado à introdução de novas unidades de geração a uma escala sem precedentes. Mas, apesar de todo o esforço desenvolvido nesse sentido, a capacidade instalada está no entanto, em muitas regiões, bastante aquém das necessidades da procura nos períodos de maior consumo, conduzindo esta situação ao colapso dos sistemas (apagões), a acontecer com cada vez maior frequência. Constituindo também essas situações, factores de pressão, para o desenvolvimento de novas tecnologias de geração, para a utilização da electricidade de uma forma mais eficiente, para o aproveitamento de alguns recursos naturais disponíveis mas que não foram até agora aproveitados por motivos de rentabilidade, e para o aperfeiçoamento e crescente penetração de novas metodologias de armazenamento de energia, recorrendo a algumas novas tecnologias, que começam a mostrar a sua praticabilidade nos contextos actuais. A grande expansão observada no sector terciário, extremamente intensivo em tecnologias da informação e de climatização, está a contribuir de forma muito significativa para este aumento [Huber, 1999].

Incerteza associada aos investimentos no sector

A contribuir de forma negativa para uma resposta o mais adequada possível a todas estas realidades, está a grande incerteza que se tem vindo a instalar, associada aos investimentos de médio e longo prazo no sector eléctrico. Enquanto que há alguns anos estes eram encarados sempre numa perspectiva de longo prazo, hoje devido à liberalização em curso, às incertezas decorrentes das muitas indefinições em alguns domínios e da divisão e privatização das grandes empresas, os responsáveis pela sua exploração são cada vez mais condicionados pelos interesses dos accionistas. A atitude, em alguns casos, meramente especulativa dos investidores sobre as empresas do sector eléctrico, que as encaram apenas na perspectiva de um negócio com facturação garantida e lucro imediato, constitui uma ameaça aos grandes investimentos necessários nas regiões mais críticas e à melhoria do seu funcionamento. Estas razões, constituem um dos principais factores para a proliferação de pequenas unidades de GD e de novas tecnologias de armazenamento de energia, pois os investidores estão sobretudo interessados em investimentos de baixo risco, que comecem a facturar no mais curto intervalo de tempo possível e que possam ser rapidamente amortizados.

Emergência de uma nova economia assente no gás natural

Relativamente ao futuro do sector energético, no respeitante às fontes de energia primárias, há quem afirme que deixámos de ter monopólios no sector eléctrico, para passarmos a tê-los em domínios talvez mais difíceis de gerir, como sejam os sistemas de fornecimento de energia alternativos que os alimentam, especificamente o do gás natural. De acordo com Richard Flury [Flury, 2000], existe hoje uma conjugação de factores que conduzem à emergência de uma economia mundial assente no gás natural para as primeiras décadas deste novo século. As redes de transporte e distribuição desta forma de energia encontram-se em fase de grande expansão em todos os países da OCDE e esta fonte primária constituirá a breve prazo a principal fonte energética para a produção de electricidade nas grandes CCC de alta eficiência. Gradualmente está a ser também cada vez mais utilizado para alimentação da GD, quer das microturbinas já em fase de grande expansão, quer das células de combustível, em aplicações tanto no sector residencial, como no sector dos serviços e industrial, e ainda no sector dos transportes terrestres e marítimos, onde se prevê o início de uma grande revolução já a partir de 2004 [Dittmer, 2001].

A outra face da moeda

Mas, apesar de todas as constatações até aqui descritas e da extraordinária evolução em termos tecnológicos e de abrangência geográfica observada no sector, sobretudo durante a segunda metade do século XX, e de a electricidade ser hoje considerada um bem elementar para qualquer cidadão que habite num país desenvolvido, cerca de metade da população mundial continua sem acesso a esta forma de energia ([Patterson, 2000], página 7). Mais espantosa ainda é a constatação de que a percentagem de pessoas com acesso a energia eléctrica estar a diminuir no mundo, devendo-se esta realidade ao facto do crescimento populacional, observado em regiões onde as pessoas não têm ainda acesso à electricidade, localizadas sobretudo em países da África, Ásia e América do Sul, ser muito superior ao das regiões onde ela está já disponível.

1.2 As reacções do sector

Mas, no meio de toda esta turbulência, o que é que tem vindo efectivamente a ser feito pelas empresas do sector eléctrico a nível mundial? De um modo geral, e em resposta às grandes pressões de que têm sido alvo, estas têm-se modernizado continuamente e os índices da qualidade do serviço (à excepção de algumas regiões do globo altamente críticas), têm melhorado na maioria dos países. Pelo menos assim o revelam os relatórios anuais divulgados pelas entidades responsáveis. Contudo, a exigência dos clientes, pelos motivos atrás referidos, cresce a um ritmo superior ao da capacidade de introduzir melhorias para lhes dar resposta, sendo mesmo impossível a sua satisfação com as tecnologias tradicionais. E, como em muitas regiões a instalação de capacidade de produção adicional é efectuada a uma taxa inferior à da instalação de novas cargas, existe um intervalo significativo entre as necessidades e as expectativas dos clientes e a capacidade de resposta facultada pelas distribuidoras, sobretudo em períodos de maior solicitação. Estes factos provocam que, de um modo genérico, a qualidade da energia eléctrica disponível esteja hoje desadequada às exigências dos novos tipos de cargas. Poderemos então questionar-nos sobre se globalmente isso é bom ou mau para o sector. A resposta a esta questão depende do lado onde nos pretendermos situar: *1.* Se do *lado da procura* (do cliente), *2.* se do *lado da oferta* de energia ou, *3.* se do *lado dos produtores e fornecedores de equipamentos e tecnologias*.

Primeiro, encarando o problema pelo lado da *procura*, é hoje do conhecimento dos clientes mais informados que não existe, em nenhuma parte do mundo, um sistema tradicional que possua uma qualidade ideal e uma fiabilidade de 100%. E, por outro lado, aumentos de fiabilidade acima de determinados valores nos sistemas tradicionais implicam investimentos muito elevados, que obrigatoriamente se terão de reflectir no preço do kWh. Será que todos os clientes estão dispostos a pagar mais por um nível de qualidade de que à partida não necessitam? A resposta a esta questão é óbvia. Faz assim então todo o sentido encarar o mercado numa óptica de segmentação e de investimento em serviços diferenciados na qualidade e no preço. É este basicamente o alvo estratégico das novas tecnologias de geração e de armazenamento de energia eléctrica analisadas com algum detalhe no Capítulo 3.

Do ponto de vista da *oferta* de energia, a crescente exigência dos clientes e o diferencial entre a qualidade exigida e a qualidade disponibilizada, constituem um forte elemento de pressão sobre as empresas e de estímulo para a sua diferenciação, obrigando-as a uma melhor gestão de todos os recursos envolvidos. As comercializadoras e distribuidoras, estão assim hoje, perante uma feroz competição entre si, e neste contexto a sua capacidade de adaptação às novas realidades, de melhoria da produtividade interna e de serem capazes de oferecer a melhor qualidade ao menor preço, constituem factores cruciais para a sua sobrevivência.

Para a terceira parte envolvida, os *produtores e fornecedores de equipamentos e tecnologias*, o período não podia ser melhor. Estes fabricam e vendem as novas tecnologias que consomem mais energia, que por sua vez exigem novos investimentos em capacidade de produção, em novas tecnologias de distribuição, de contagem, de monitorização, de controlo, etc. Estes "actores" situam-se simultaneamente nos dois lados da "fronteira" e desempenham um papel importantíssimo no actual processo de transformação do sector. Decorrente destas razões, as empresas ligadas ao desenvolvimento e produção de novas tecnologias e à prestação de

serviços no âmbito da melhoria da qualidade e da fiabilidade da energia eléctrica, os designados mercados da *Qualidade da Energia ("Power Quality")* e da *Fiabilidade da Energia ("Power Reliability")*, têm registado nos últimos anos os mais elevados índices de crescimento de todas as actividades económicas da actualidade (com valores anuais de crescimento que se situam em torno dos 10 a 12%, para as Fontes de Alimentação Ininterrupta (UPS), ver por exemplo [Clemmensen, 1999]).

Ainda na sequência desta abordagem e como estratégia global do sector para endereçar a resolução de problemas, tem-se assistido à implementação de algumas medidas com vista à mitigação dos custos decorrentes da desadequação da qualidade e fiabilidade da energia eléctrica aos processos actuais, os denominados Custos da Qualidade da Energia *("Power Quality Costs").* As grandes linhas de orientação que têm vindo a ser adoptadas actuam nos seguintes domínios: *1.* Desenvolvimento de normas que regulamentem o nível mínimo de qualidade do serviço que as redes devem oferecer; *2.* Desenvolvimento de normas que regulamentem os níveis máximos de perturbação admissível para as cargas e *3.* Desenvolvimento de normas que regulamentem o grau de imunidade mínima que os dispositivos que utilizam a energia devem possuir ([Kennedy, 2000], página 72). Estas áreas serão analisadas no Capítulo 2 desta dissertação.

1.3 Necessidade de novas abordagens

Pelo que foi referido nas secções anteriores parece-nos pois fundamental efectuar uma profunda reflexão e estudo em torno dos problemas que afectam o sector do fornecimento de energia eléctrica na actualidade, esperando atingir por essa via a identificação de áreas onde seja possível actuar para introduzir melhorias sobre o seu funcionamento.

Analisando, ainda que de forma superficial, a desadequação actual entre as necessidades dos clientes e a capacidade de oferta de qualidade e fiabilidade, é nossa convicção prévia de que o modelo ainda predominante, tradicional e centralizado, está muito longe de estar esgotado. A aposta na aplicação de metodologias de Gestão da Qualidade Total e mais especificamente na ferramenta evoluída de gestão da qualidade denominada por Desdobramento da Função Qualidade (QFD), poderão também neste sector, e à semelhança dos resultados que tem permitido alcançar em muitos outros, desempenhar um papel muito importante.

Pensamos também que através de uma postura centrada no cliente e na auscultação das suas mais profundas necessidades, bem como da melhoria contínua das infra-estruturas existentes, através da sua modernização tecnológica, será possível, com custos controlados, delinear estratégias de actuação para os segmentos mais exigentes e melhorar os índices de satisfação da maioria dos clientes, com vantagens para todos. São basicamente estes os alvos que pretendemos atingir com o trabalho efectuado e descrito nesta dissertação.

Em síntese

A energia eléctrica pode ser considerada um "produto" que se caracteriza pela sua qualidade intrínseca (qualidade da onda), fiabilidade do fornecimento (continuidade do serviço) e serviços associados à sua contratação e fornecimento (qualidade comercial). E como *tudo o que pode ser medido pode ser melhorado*, e neste sector tudo pode ser medido, iremos aplicar o QFD

com o máximo rigor e profundidade, de modo a conhecer o panorama actual da satisfação dos clientes nos diversos sectores. Esperamos assim obter um conjunto de atributos que devem ser integrados no "produto" energia eléctrica, com vista à total satisfação dos clientes ou, inclusive, com capacidade para exceder as suas expectativas[2].

Devido à natureza, dimensão e complexidade do processo de fornecimento do "produto" em causa, a implementação de algumas das soluções emergentes da aplicação do QFD a este sector pode apresentar-se difícil e necessitar de um período de concretização demorado. O que se espera atingir no imediato é um diagnóstico profundo sobre o estado actual do fornecimento de energia eléctrica em Portugal, bem como um conjunto de recomendações que constituirão os pontos fulcrais de preocupação para todos os agentes envolvidos no fornecimento de energia eléctrica. Estes constituirão os vectores em que é estrategicamente mais eficiente concentrar esforços, com vista à mitigação dos problemas evidenciados com o estudo das necessidades dos clientes e à obtenção de um produto e serviço com capacidades para os satisfazer ou exceder as suas expectativas.

1.4 Estrutura e organização da dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em torno de 3 partes principais, que reflectem as sucessivas etapas de desenvolvimento do trabalho: *Parte I*, contém uma síntese da revisão bibliográfica sobre o "estado da arte" no domínio da qualidade em geral e da qualidade no sector da energia eléctrica em particular; *Parte II*, com uma descrição do trabalho de campo com análise crítica, a qual integra um volume com Anexos e *Parte III*, com as conclusões e recomendações, estando cada uma destas subdividida por um número variável de capítulos. Constituiu nossa preocupação que o conteúdo destes apresentasse uma descrição sequencial, mas procurou-se também que cada um pudesse constituir um módulo independente relativamente ao tema que aborda. A estrutura adoptada na redacção de cada é assim constituída pelo título, um pequeno resumo do seu conteúdo e o corpo do capítulo.

Parte I - Revisão bibliográfica

Esta parte inicia-se com esta Introdução, mas é no Capítulo 2 que se efectua uma *Contextualização da problemática da qualidade na actualidade*, sendo efectuada uma análise sobre a *Evolução histórica do movimento da Qualidade*, perspectivas dos *Gurus* mais influentes, modelos de excelência, normas ISO 9000, tendências e direcções futuras deste movimento. Analisam-se depois a *Evolução histórica do uso da energia eléctrica*, as diferentes etapas da sua expansão, a evolução das preocupações para com a qualidade neste sector, os factores que interferem com a qualidade da energia eléctrica até aos pontos de entrega aos clientes e por fim as perturbações mais significativas e actualmente evidenciadas. Efectua-se depois uma caracterização da qualidade da energia eléctrica actualmente disponibilizada, da qualidade

[2] Na literatura e terminologia da Gestão da Qualidade, designa-se este patamar de satisfação do cliente por capacidade para deliciar (do inglês "delight") ou surpreender positivamente em relação ao que é esperado de um dado produto e/ou serviço; o que pode ser conseguido com uma *qualidade diferenciada*.

exigida pelas aplicações actuais, dos custos decorrentes da desadequação entre a qualidade exigida e a qualidade disponibilizada e das acções que têm vindo a ser desenvolvidas para minimizar os problemas. Por fim faz-se um breve ponto de situação do sector eléctrico em Portugal e enquadra-se o trabalho de campo desenvolvido no âmbito da necessidade de abordagens que contribuam para a melhoria efectiva das situações de desadequação existentes. No Capítulo 3 efectua-se uma "viagem" em torno das *novas tecnologias ao serviço da qualidade da energia eléctrica*. São descritas as evoluções mais recentes no domínio dos *dispositivos electrónicos de estado sólido* responsáveis pelo consumo da energia, *as novas tecnologias de geração de energia eléctrica de forma distribuída* em grande expansão, as *novas tecnologias de armazenamento de energia* e o seu importante papel na gestão e mitigação de muitos dos problemas actuais, o *transporte e utilização de energia em corrente contínua*, o uso de novos materiais com grandes vantagens ao nível da diminuição de perdas e aumento da fiabilidade dos sistemas eléctricos e ainda as evoluções mais recentes nas tecnologias de monitorização e medida. Pretende-se, em suma, analisar neste capítulo as tecnologias mais recentemente desenvolvidas e mais promissoras para tentar resolver muitos dos problemas referidos nos Capítulos 1 e 2 e evidenciados com o trabalho de campo descrito no Capítulo 5.

Parte II - Trabalho de campo com análise crítica

Nesta segunda parte, o Capítulo 4 descreve as *metodologias utilizadas no trabalho de campo*. São analisadas com algum detalhe a Engenharia Paralela, a Engenharia de Conceitos e a ferramenta QFD, como metodologias que integram os clientes nas fases de concepção e desenvolvimento dos produtos que virão a utilizar. O Capítulo 5 – *Aplicação do QFD ao sector da energia eléctrica* – constitui o núcleo central desta dissertação. Descreve-se nele o trabalho de campo realizado, tendo grande parte deste decorrido "no terreno", visitando e auscultando clientes de todos os segmentos de consumo, de Norte a Sul e do Litoral ao Interior do País. Consistiu, no fundo, na aplicação da ferramenta QFD ao nosso caso prático, o sector do fornecimento de energia eléctrica no território do continente português. O Capítulo 6 apresenta a *validação das soluções encontradas com a aplicação do QFD.*

Parte III - Conclusões e trabalho futuro

O Capítulo 7 com as *conclusões e trabalho futuro*, efectua uma síntese das grandes conclusões obtidas com o desenvolvimento de todo o trabalho. Apresentam-se as recomendações e contribuições inovadoras emergentes das soluções encontradas com a aplicação do QFD e a sua validação, e ainda das novas áreas tecnológicas investigadas, descritas no Capítulo 3, tendo em vista a melhoria da situação actual. São ainda delineados os desenvolvimentos futuros deste trabalho e as linhas de investigação a prosseguir.

1.5 Principais contribuições desta dissertação

A partir de um levantamento do estado da arte nos domínios da qualidade e das novas realidades e tecnologias no sector eléctrico, desenvolveram-se um conjunto de abordagens inovadoras que permitiram os seguintes contributos originais:

1. Como ponto de partida, a realização de um estudo pormenorizado sobre a realidade do sector eléctrico em Portugal, no que respeita aos problemas relacionados com os índices de qualidade e fiabilidade disponibilizados pelas distribuidoras e as necessidades efectivas dos clientes;

2. A validação sistemática de todos os resultados, intermédios e finais, com informação suportada pelos agentes envolvidos no processo: utilizadores (clientes), especialistas do sector, fornecedores de energia, empresas prestadoras de serviços aos fornecedores de energia e fornecedores de equipamentos e tecnologia;

3. Abordagem com total abrangência. O problema foi encarado desde o início numa perspectiva integrada, visando cobrir todos os aspectos relacionados com o fornecimento do "produto" e do serviço associados à energia eléctrica, subdivididos nos três grandes domínios: qualidade da onda, continuidade do serviço e qualidade comercial, possuindo cada destes uma elevada complexidade, o que implicou o processamento de grandes volumes de informação;

4. A aplicação de uma ferramenta evoluída de Gestão da Qualidade (o QFD) – com provas de grande eficácia dadas noutros sectores – a um sector de primordial importância para a melhoria da produtividade e competitividade da nossa economia.

Devido aos objectivos ambiciosos – traduzidos no título desta dissertação –, à natureza do processo em estudo e à metodologia adoptada para a sua concretização, este trabalho envolve o processamento de um grande volume de informação de índole qualitativa e semi-quantitativa, pouco comum na engenharia electrotécnica tradicional. Este decorre da metodologia escolhida que, como veremos no Capítulo 4, se destina a processar informação verbal e a extrair dela informação técnica e objectivamente quantificada. Pelo que, esta característica poderá constituir alguma surpresa em leitores pouco familiarizados com a aplicação de metodologias com esta natureza.

2

A problemática da qualidade no sector da energia eléctrica

Resumo

Neste capítulo apresenta-se uma síntese da pesquisa efectuada sobre a evolução do movimento da qualidade, as perspectivas dos gurus mais influentes, as normas ISO 9000, os prémios de excelência e as tendências futuras deste movimento.

Analisa-se depois a evolução do sector eléctrico, os principais marcos da sua expansão, o aumento das preocupações para com a qualidade da energia eléctrica, os factores que interferem com a mesma e as perturbações actualmente mais evidenciadas na qualidade disponibilizada pelos sistemas de fornecimento tradicionais. São ainda analisados os impactos e as exigências das cargas actuais, é demonstrada a desadequação existente entre a qualidade disponibilizada e as necessidades dessas mesmas cargas, os custos daí decorrentes, as medidas que têm vindo a ser tomadas para minimizá-los e as tendências de evolução nesta área.

Em face das evoluções nos domínios da qualidade e nos cenários da utilização da energia eléctrica, justifica-se a necessidade de novas abordagens, centradas nas necessidades dos clientes e na aplicação de ferramentas evoluídas de gestão da qualidade, para tentar responder com cada vez maior qualidade e menor custo, às suas necessidades e expectativas para com o "produto" energia eléctrica.

2.1 Evolução histórica do movimento da qualidade

Quando se pensa na palavra *qualidade*, em sentido lato, ocorre um pressentimento de algo agradável, que causa prazer, satisfação, bem estar, realização... mas defini-la de forma objectiva não é fácil. Há quem afirme que a qualidade constitui um ideal que em teoria nunca é atingido, outros autores consideram ser tão difícil defini-la, como definir o conceito de amor ou de justiça. No entanto, e apesar das dificuldades, existem inúmeras definições, algumas já milenares, aplicadas a uma dada actividade ou sector, a um dado produto, num dado período e para um dado mercado alvo. O conceito de qualidade é ainda um conceito não universal, pois não é aceite do mesmo modo em diferentes lugares e varia ao longo do tempo. Devido a estas características, quando se fala em qualidade podem surgir problemas de interpretação. É assim fundamental que

num dado contexto todos partam de pressupostos idênticos sobre o que se entende por qualidade nesse contexto, estabelecendo definições operacionais do conceito de qualidade.

2.1.1 Evolução da qualidade no plano dos conceitos

Ao realizar pesquisas em torno do conceito de qualidade, constata-se a existência de um número extraordinariamente elevado de livros e artigos a falar sobre o tema. Mas, apesar da abundância de informação prevalecem inúmeras concepções, algumas pouco correctas, e também alguma confusão à sua volta. Segundo determinados autores, esta falta de consenso deriva do facto de um grande número de disciplinas e ciências se ocuparem da qualidade, como por exemplo a filosofia, a economia, o marketing, a engenharia e a gestão, e de esta ser, de algum modo, uma área transversal a todas as actividades exercidas pelo homem. O resultado é uma grande diversidade de perspectivas, com métodos e terminologias específicas a cada área, que pretendem cobrir todo o leque de campos do conceito. O conceito de qualidade é assim multifacetado, pelo que a definição numa perspectiva teórica pode ainda ser encarada segundo diferentes pontos de vista, tais como o filosófico, o ontológico, o gnoseológico e o técnico ([Cunha, 1999], página 9).

Uma definição *filosófica* bastante interessante foi adiantada por Aristóteles. Segundo a sua visão e na sua época, dizia que *"a qualidade determina o que a coisa é, e que as coisas se diferenciam umas das outras pela qualidade, e que daí se podia constituir um mundo diferenciado na sua unidade"*.

Do ponto de vista *ontológico* – da coisa em si – a *qualidade determina o ser, isto é, a diferença pela qual um objecto se distingue essencialmente de outro*. Mais recentemente, o filósofo Locke ([Cunha, 1999], página 10) rebate esta ideia e diz que a definição de qualidade não tem apenas uma definição ontológica, mas sim uma definição *gnoseológica* – para além da coisa em si – e afirma que *"a qualidade é a capacidade que a coisa tem em produzir em nós uma ideia boa, uma sensação agradável e assim se podem distinguir as qualidades primárias imediatas e objectivas e as qualidades secundárias mais profundas e subjectivas"*.

No contexto desta dissertação, a definição de qualidade que mais nos interessa considerar é a efectuada do ponto de vista técnico ou da gestão. Num passado não muito distante esta estava essencialmente orientada para o fabrico e significava conformidade com as especificações, isto é, um produto ou serviço com qualidade era aquele que era produzido de acordo com as características técnicas pré-estabelecidas [Juran, 1995]. Essas características ou propriedades podiam classificar-se em:

- *Técnicas* - (dimensionais, mecânicas, eléctricas, etc.);
- *Culturais ou sociais* - (estéticas, posição social, respeito pelo meio ambiente, etc.);
- *Morais* ou comportamentais - (cortesia, integridade, honestidade com o cliente, etc.);
- *Temporais* - (durabilidade, manutibilidade, fiabilidade, etc.).

A questão que se colocou então foi a seguinte: será que um produto fabricado de acordo com as especificações é um produto que satisfaz o cliente? As dúvidas relativamente a esta questão levaram a uma nova definição de qualidade: *"qualidade é a adequação do produto ou serviço às necessidades presentes ou futuras dos utilizadores"*. Esta é ainda uma definição muito próxima da enunciada nos Fundamentos e Vocabulário da norma ISO 9000:2000, que dá a seguinte definição de qualidade: *"Grau de satisfação de requisitos dado por um conjunto de características";* por sua vez – requisito – é definido como: *"necessidade ou expectativa expressa, geralmente implícita ou obrigatória"* e *característica* por: *"elemento diferenciador, que pode ser qualitativa ou quantitativa, intrínseca ou atribuída"* ([ISO 9000:2000, 2000] página 16). Este conceito integra a orientação da empresa para o cliente, com o objectivo de o compreender, detectar as características a integrar nos produtos e antecipar assim as suas necessidades para suplantar a concorrência e conquistar o mercado, pois que, segundo Odevaine [Odevaine, 1995], só quando se excedem as expectativas dos clientes é possível aumentar a quota de mercado.

Diferentes abordagens ao conceito de qualidade

Num esforço para encontrar uma base comum de entendimento para os diferentes intervenientes, um dos primeiros autores a clarificar as diferentes definições de qualidade foi Garvin [Garvin, 1984], tendo considerado as seguintes abordagens:

1. Abordagem filosófica

Segundo esta abordagem, o conceito de qualidade corresponde a uma ideia intuitiva ou sensorial de excelência inata que não é possível definir com precisão e que se aprende a distinguir através da experiência. Devido à falta de objectividade, esta abordagem aplica-se a um conjunto bastante restrito de domínios, como por exemplo na arte.

2. Abordagem baseada no produto

Segundo esta abordagem, a qualidade de um produto é entendida como um conjunto de características ou atributos que podem ser medidos e quantificados. Estes constituem frequentemente o referencial que o cliente utiliza para comparar um produto com os concorrentes, podendo assim ordenar-se os diferentes produtos existentes no mercado em função da quantificação das suas características.

3. Abordagem baseada no cliente

Segundo esta abordagem é o cliente ou consumidor quem determina a qualidade. Está subjacente a ideia de Juran que afirma que o conceito mais abrangente de qualidade é o de *adequação ao uso,* pelo que a qualidade é avaliada segundo a opinião do utilizador ou cliente e não do vendedor ou do fabricante. Segundo esta abordagem, a qualidade pode ainda escalonar-se em três patamares:

- *Qualidade mínima:* é o conjunto de características e atributos que o produto ou serviço têm obrigatoriamente de possuir para estar no mercado;

- *Qualidade esperada:* é definida pelas características que, não sendo as mínimas, são importantes para que o produto possa ser competitivo face aos concorrentes. Compreende os atributos já conhecidos pelos clientes através dos produtos existentes no mercado e que frustarão as suas expectativas se este não as evidenciar;
- *Qualidade diferenciada:* é definida pelos atributos ou características inovadoras que não são ainda oferecidas pela concorrência e que vão surpreender positivamente o cliente. O autor Kano designa este patamar por *qualidade que encanta ou delicia*.

Relativamente a este último patamar, o conceito de qualidade constitui um objectivo deslizante, pois a exigência do cliente vai aumentando à medida que se vão alcançando as suas expectativas, e as metas estabelecidas pela empresa. O produto que ontem encantou, porque surpreendeu com novas funcionalidades, hoje já apenas satisfaz, porque essas funcionalidades passaram a ser consideradas normais. A *qualidade que o deliciava* passou a ser a *qualidade esperada*, exigindo das organizações um esforço contínuo de melhoria para manterem a liderança nos seus sectores de actividade. Este patamar é ainda difícil de implementar devido à dificuldade em traduzir as necessidades, desejos e expectativas dos clientes em características quantificáveis que possam ser integradas na melhoria do produto ([Saraiva, 1997], página 18).

4. Abordagem baseada no fabricante ou produtor

Esta abordagem situa-se do lado da oferta ou do produtor e refere-se à *conformidade com as especificações*. Está voltada para os custos associados às deficiências, às falhas e ao desperdício e tem como principal objectivo aperfeiçoar os processos de produção de modo a reduzirem-se os desperdícios internos, encargos após venda, tempos de desenvolvimento e de produção. Este factores conjugados conduzem a uma melhoria da imagem do produto, a uma maior fidelização de clientes, a um possível aumento da quota de mercado e ainda à exploração da organização com maior produtividade. Segundo esta abordagem, a um aumento da qualidade e à melhoria do desempenho da organização deve corresponder uma redução do somatório dos vários custos (avaliação, prevenção, falhas internas e externas), pois o grande objectivo é melhorar o desempenho da empresa. O autor Philip Crosby ([Crosby, 2000], página 3) defende que qualquer desvio nas especificações implica redução da qualidade e, para evitar esses desvios, sugere os métodos de prevenção e não da reparação de produtos defeituosos. O seu lema dos *zero defeitos, fazer sempre bem e à primeira*, sintetizam a metodologia para reduzir os custos da não conformidade e aumentar o grau de satisfação do cliente.

5. Abordagem baseada no conceito de valor

Esta abordagem define a qualidade em termos de uma análise de custo-benefício, dado que o cliente, ao adquirir um produto ou serviço, efectua um investimento traduzido em termos económicos, de tempo e de esforço. A qualidade consiste em satisfazer uma necessidade e expectativa com um investimento aceitável. Consideramos ser esta actualmente a abordagem mais abrangente e importante no mercado, uma vez que envolve todas as anteriormente referidas. O autor Groocock [Groocock, 1993] enuncia nesta linha a seguinte definição: *"qualidade é o grau de conformidade de todas as propriedades e características de um produto ou serviço em*

relação a todos os aspectos da necessidade de um cliente, limitado pelo preço e prazo de entrega que este está disposto a aceitar". O conceito de valor está ainda associado à ideia de utilidade efectiva, capacidade de realização e de capacidade de geração de alto valor acrescentado para um dado produto ou serviço, constituindo na actualidade *o principal factor diferenciador* entre produtos e serviços concorrentes. É hoje bastante frequente constatar que algumas organizações, líderes de mercado em diversos sectores de actividade, afirmam que o seu lema é a venda de valor.

A abordagem baseada neste conceito pressupõe a existência de um conjunto de dimensões que abrangem os factores críticos da qualidade:

- *Desempenho:* Refere-se às características operacionais do produto ou serviço, geralmente mensuráveis, que determinam a sua adequação às necessidades e expectativas do cliente e que permitem atingir um nível de satisfação elevado;
- *Prazo:* Não constitui um elemento integrante do produto, mas constitui um factor com um carácter crítico, porque para desempenhos e preços semelhantes o cliente pode decidir adquirir o produto que está mais rapidamente disponível quando dele necessita e não poder ou querer esperar;
- *Preço:* Esta dimensão pode ser determinante quando comparada para produtos com desempenho semelhante e disponíveis no mercado. Actualmente quando se fala em preço deve ainda entender-se esta dimensão como o preço real que se paga durante a vida útil do produto e não apenas o custo da sua aquisição (preço real = custo de aquisição + custos de operação + custos de manutenção + custo de eliminação no final do período de vida útil);
- *Serviço:* É uma das dimensões mais recentes da definição de qualidade. O cliente actual não compra um produto, mas sim *paga para fruir um bem.* No serviço estão incluídos a garantia, a manutenção, a assistência técnica, a disponibilidade de substituíveis, a rapidez de actuação, a simpatia do atendimento e o relacionamento global com o cliente;
- *Segurança:* Esta dimensão tem vindo a adquirir uma importância cada vez maior, expressa através de directivas regionais e globais em vários domínios e para um número cada vez maior de produtos. Ela traduz as características do produto avaliadas em termos do seu impacto na segurança de pessoas e bens, verificando-se que algumas empresas utilizam esta dimensão como principal factor de diferenciação. Mais recentemente tem vindo a ser estendida à componente ambiental. Considera-se hoje também que um produto é mais seguro se for produzido com os materiais e as tecnologias menos poluentes para esse sector de actividade, constituindo este factor um elemento diferenciador com cada vez maior peso na opção de muitos clientes.

6. Abordagem da qualidade na perspectiva da excelência ou da Gestão da Qualidade Total (GQT ou TQM)

A qualidade na óptica da excelência afirma-se através da *Qualidade Total*, um conceito de grande abrangência e que, apesar de difícil definição, podemos enunciar como tendo por objectivo *a "satisfação total e/ou encantamento*[3] *das partes interessadas"*. Segundo esta perspectiva, a Qualidade Total corresponde ao mais elevado nível de uma forma de estar, de ser e de actuar, no sentido de uma procura permanente de desempenho, ao mais alto nível, por parte de cada elemento interveniente num dado processo ou organização. Este facto pressupõe a existência de uma cultura que se caracteriza genericamente por um grau muito elevado de exigência relativamente à qualidade, de empenho e actuação individual consentâneos com os objectivos da organização e da *Qualidade Total*. Segundo esta filosofia a melhoria é por definição um processo permanente, que engloba **todos** os colaboradores, e de longa duração [Rao, 1996].

Transposição de conceitos para o sector eléctrico

O fornecimento de valor no sector da energia eléctrica consiste em ir ao encontro das necessidades dos clientes. Estes, na realidade, pretendem não a electricidade mas as utilidades ou os serviços que esta permite proporcionar, como iluminação, conforto térmico, accionamento mecânico, suporte para criação, processamento e transferência de informação, etc. Assim, a postura das novas empresas, cujo lema é a *venda de valor*, vai muito além da entrega de "pacotes de energia" (kWh) para lá do contador. Se por um lado existem clientes para quem a qualidade hoje disponibilizada satisfaz as exigências das aplicações que fazem da electricidade, existem outros para quem a qualidade da energia constitui um elemento crucial e desejam electricidade com índices de qualidade mais elevados ou uma *qualidade diferenciada*. Algumas das empresas a actuar hoje neste segmento disponibilizam (e garantem!) pacotes de soluções que incluem o fornecimento de:

- Electricidade com alta fiabilidade;
- Calor (vapor e/ou água quente para processos industriais e aquecimento de edifícios);
- Frio (com trigeração);
- Serviços com assistência permanente e garantia dos serviços acordados, com indemnizações ao cliente para a eventualidade de incumprimento;

passando muitas das funções e tecnologias de suporte a esses serviços a estar integradas (às vezes fora das instalações industriais) e a serem da exclusiva responsabilidade das empresas prestadoras do serviço, caracterizadas por um elevado nível de especialização. Mas, para disponibilizar uma *qualidade diferenciada* e o mais adequada possível às necessidades e exigências dos clientes, a tarefa das empresas a actuar neste segmento é de difícil concretização. Todos os seus colaboradores devem estar conscientes e totalmente comprometidos com a filosofia da GQT, ter interiorizado que o mais importante para a sobrevivência e prosperidade da sua organização é o seu grau de envolvimento com as preocupações e necessidades dos destinatários dos seus esforços. Esta postura requer a utilização de ferramentas evoluídas de

[3] Ou deliciamento (do inglês "delighting").

gestão da qualidade e que todos compreendam com a maior profundidade possível as necessidades dos clientes, as capacidades e características do seu produto/serviço, as atitudes da concorrência; e que encontrem novas formas de abordar o mercado e soluções para fornecer um serviço que apresente vantagens competitivas relativamente à oferta dos concorrentes (o fornecimento de mais valor apoiado numa qualidade diferenciada) e com preço competitivo ([PQ, 1999], página 3).

2.1.2 As normas ISO 9000

Como analisámos na subsecção anterior, a par com a evolução do movimento da qualidade no plano dos conceitos, tem-se vindo a assistir a um movimento semelhante no plano da sua vivência e aplicação, pelas organizações, num grande número de países.

Na sequência das grandes inovações tecnológicas ocorridas durante o século XX, assistiu-se a um crescimento exponencial das relações comerciais e à emergência do denominado fenómeno da globalização. Como consequência dessas alterações e intensificação de relações, emergiu a necessidade de definição de referenciais comuns de qualidade que permitissem aumentar a confiança e simplificar o entendimento entre os agentes económicos. Neste contexto foram desenvolvidas as normas ISO 9000 que constituem a primeira família de directivas que reúnem um consenso universal sobre as políticas de qualidade. A primeira versão surgiu em 1987 e segundo dados disponibilizados pela Organização Internacional de Normalização (ISO) [ISO, 2002], em 31 de Dezembro de 2001 existiam já 510.616 empresas certificadas de acordo com as suas orientações, espalhadas por 161 países.

2.1.3 O movimento da certificação com as normas ISO 9000 no sector eléctrico

Devido aos factos do sector eléctrico: *1.* possuir uma grande abrangência; *2.* necessitar de um grande consenso ao nível da normalização; *3.* ser responsável por um grande volume de trocas comerciais; *4.* desempenhar um papel vital no funcionamento das economias; *5.* possuir um impacto cada vez maior no bem estar e segurança; *6.* representar uma elevada perigosidade; este constitui provavelmente o sector onde existe a maior quantidade de normas a regulamentar a sua actividade. Nos últimos anos, e à semelhança do evidenciado noutros sectores, o movimento da certificação tem vindo também a abranger as empresas com actividade neste sector.

No domínio particular da *qualidade da energia eléctrica* têm vindo também a ser definidas normas e directivas com vista à maior adequação da regulamentação existente a esta área específica. Este tema é analisado com algum detalhe na secção 2.3.4.

Um movimento a diferentes velocidades

O movimento da certificação de acordo com as normas ISO 9000 não se tem feito sentir em todas as áreas do sector eléctrico da mesma forma. Ao nível dos fabricantes de equipamento, tanto para infra-estruturas de produção, transporte e distribuição, como de equipamentos

consumidores, constata-se que pelas razões atrás referidas, esta área constitui uma das pioneiras na adesão ao movimento e possui uma das taxas mais elevadas de empresas certificadas, relativamente ao seu universo total.

Quanto à certificação de empresas responsáveis pelo fornecimento de energia eléctrica e mais especificamente de produção e distribuição de energia eléctrica, apesar de, como já referimos, estas exercerem a sua actividade num ambiente altamente regulamentado, só muito recentemente estão a aderir ao movimento. As razões que as levam a seguir esse caminho são idênticas às que conduziram outros sectores: *1.* imposição do mercado, na sequência do processo de liberalização em curso a nível mundial; *2.* melhoria da qualidade do serviço; *3.* melhoria da eficiência interna; *4.* exigência de alguns clientes; *5.* imposição das entidades reguladoras de alguns países; *6.* aumento da competitividade; *7.* retenção de clientes; *8.* melhoria da imagem; *9.* uniformização de processos e tarefas; *10.* maior motivação e envolvimento dos colaboradores; etc.

De acordo com directivas definidas pela Organização Internacional de Normalização (ISO), as empresas com actividade no sector eléctrico podem ser certificadas numa das seguintes classificações: *1. Fabricantes de equipamento eléctrico e de óptica (código EAC 19); 2. Produção e distribuição de energia eléctrica (código EAC 25); 3. Serviços de engenharia (código EAC 34); 4. Outros serviços (código EAC 35).* Pelo que, com base nestes agrupamentos e nos dados disponibilizados pela ISO, é impossível conhecer com rigor o número de empresas certificadas cuja actividade esteja especificamente relacionada com o sector eléctrico. Assim, na análise seguinte centramo-nos apenas nas empresas com a classificação – *EAC 25 Produção e distribuição de energia eléctrica – (*ou *"Electricity Supply")* [ISO, 2002].

Dados ISO 9000 para a produção e distribuição de energia eléctrica em Portugal e no mundo

Na Tabela 2.1 apresentam-se dados relativos a uma amostra de países, extraída a partir da listagem oficial da ISO [ISO, 2002]. Este grupo foi seleccionado tendo por critérios, a proximidade relativa com Portugal, a relevância económica e o estado da liberalização no sector. Apresentam-se, para cada país, o número de empresas certificadas segundo as normas ISO 9000 na área da *produção e distribuição de energia eléctrica*, o número total de empresas certificadas, bem como o valor percentual das primeiras relativamente ao valor total.

Como podemos constatar pela Tabela 2.1, o número de empresas certificadas pelas ISO 9000 e classificadas na área da *produção e distribuição de energia eléctrica* (em valor absoluto e percentual), por país, não permite tirar conclusões objectivas sobre a adesão do sector eléctrico ao movimento da certificação. As disparidades dos números apresentados são essencialmente devidas:

1. À estrutura e modelo de organização do sector eléctrico (produção e distribuição) existente em cada país,

2. Ao estado de implementação do processo de liberalização e do número de empresas de produção e distribuição existentes;

3. A políticas, no que concerne à certificação, impostas pelas entidades reguladoras do sector em cada país.

Tabela 2.1 - Panorama mundial do número de empresas certificadas segundo as normas ISO 9000 para a *produção e distribuição de energia eléctrica*.

País	Produção e distribuição de energia eléctrica	Total de empresas certificadas	% do total
África do Sul	5	2.263	0,22
Alemanha	26	41.629	0,06
Argentina	5	2.324	0,21
Austrália	260	26.750	0,97
Áustria	23	4.000	0,50
Bélgica	3	4.670	0,06
Brasil	14	9.849	0,14
Bulgária	11	469	2,34
China	57	57.783	0,09
Dinamarca	10	2.163	0,46
Espanha	126	17.749	0,70
EUA	3	37.026	0,008
Finlândia	32	1.870	1,71
França	314	20.919	1,50
Holanda	9	12.745	0,07
Hungria	29	6.362	0,45
Índia	18	5.554	0,32
Inglaterra	12	66.760	0,01
Irlanda	2	3.700	0,05
Israel	2	6.447	0,03
Itália	102	48.109	0,21
Japão	26	27.385	0,09
México	29	2.233	1,29
Rep. Checa	9	5.627	0,15
Roménia	19	1.670	1,13
Peru	9	200	4,50
Polónia	7	2.622	0,26
Portugal	2	2.474	0,08
Suécia	4	4.652	0,08
Suíça	76	8.605	0,88
Tailândia	42	3.870	1,08
Turquia	18	2.949	0,61
...	...	...	...
Total no mundo	1.349	510.616	0,26

Fonte: "The ISO Survey of ISO 9000 and ISO 14000 certificates", [ISO, 2002].

Na sequência do referido nos pontos anteriores, iremos analisar dois casos bem expressivos, o da Austrália e o dos EUA. Ao observarmos os valores referentes a estes dois países, constatamos que a Austrália apresenta o número mais elevado de empresas certificadas na *produção e distribuição de energia eléctrica* de todo o mundo, correspondendo a 0,97% do total de empresas certificadas nesse país. Contrariamente, os EUA, com uma dimensão de clientes cerca de 15 vezes superior, com um número total de empresas certificadas da mesma ordem de grandeza e um sector de produção e distribuição altamente segmentado por empresas independentes, tem apenas 3 empresas certificadas de acordo com as normas ISO 9000, correspondendo a 0,008% do número total de certificados ISO 9000 nesse país.

Um outro exemplo merecedor de referência especial é o do Peru que, apesar de ser um país pouco industrializado possui 9 empresas certificadas, num universo de apenas 200, ao que corresponde a taxa, 4,50%, a mais elevada do mundo. Este número reflecte um modelo de funcionamento do sector bastante segmentado, a imposição da certificação segundo as ISO 9000, por parte da entidade reguladora do sector eléctrico desse país e a sua posição pioneira no movimento de liberalização do sector eléctrico a nível mundial.

Em Portugal as duas empresas certificadas pela norma ISO 9001:2000, segundo o código EAC 25 são a REN - Rede Eléctrica Nacional, S.A. e a CPPE/PTMC - Companhia Portuguesa de Produção de Electricidade.

Mas, se os valores acima referidos não nos permitem obter uma imagem clara sobre a evolução do movimento da certificação no sector eléctrico, e especificamente na *produção e distribuição de energia eléctrica*, a informação apresentada na Tabela 2.2 dá-nos a evolução do número de empresas certificadas nos domínios em análise nos últimos anos.

Tabela 2.2 - Evolução mundial do número de empresas certificadas segundo as normas ISO 9000 para a *produção e distribuição de energia eléctrica*.

	1998	1999	2000	2001
Produção e distribuição de energia eléctrica	860	932	979	1.349
Total de empresas Certificadas pelas ISO 9000	229.846	274.040	317.126	510.616
% do total	0,37%	0,34%	0,31%	0,26

Fonte: "The ISO Survey of ISO 9000 and ISO 14000 certificates", [ISO, 2002].

Como podemos constatar, o número de empresa certificadas com a classificação – *produção e distribuição de energia eléctrica* – tem vindo a aumentar continuamente, tendo-se verificado uma subida espantosa no último ano[4]. Mas, o seu peso relativo no total de empresas certificadas tem vindo a diminuir, devido ao maior crescimento evidenciado noutros sectores no período em análise.

2.1.4 Os Prémios de Excelência

Enquanto que as normas ISO 9000 constituem um dos requisitos básicos para a entrada no mundo da qualidade reconhecida e que, segundo *Blanton Godfrey* ([Godfrey, 1997], página 53), *"cumprir as suas directivas é conhecer apenas as regras de um jogo, que permitem à empresa entrar em campo e jogar, mas que não garantem o seu apuramento nem a vitória"*; os prémios de excelência constituem um elemento diferenciador e introduzem conceitos mais profundos de gestão da qualidade, numa óptica de Qualidade Total. Com efeito, os modelos que reportam aos Prémios de Excelência representam referenciais de aplicação mais exigente e ambiciosa. A sua

[4] Aumento de **8,37%** de 1998 para 1999, **5,04%** de 1999 para 2000 e de **37,79%** de 2000 para 2001.

adopção corresponde ainda a uma evolução natural e maturação na implementação das políticas da qualidade de um modo geral e das normas ISO 9000 em particular. Pretendem actuar como um factor motivador, destinado a premiar as melhores organizações e a incentivar o envolvimento das empresas nos objectivos da excelência e atingir índices cada vez mais elevados de desempenho e de qualidade.

Estes prémios têm vindo a ser instituídos um pouco por todos os países mais desenvolvidos, derivando no entanto, na sua fase inicial, de conceitos mais ou menos comuns. Como exemplos concretos neste âmbito podemos referir o *"Malcolm Baldrige Award"* (nos EUA), o *Deming Prize* (no Japão) e o *"European Quality Award"* (na Europa). Este último, desenvolvido pela EFQM *("European Foundation for Quality Management")*, foi criado em 1991 e serve de base à atribuição do Prémio de Excelência em Portugal (PEX), no âmbito do Sistema Português da Qualidade ([Saraiva, 1999], página 124).

A atribuição dos prémios de excelência assenta na avaliação a efectuar com base numa grelha que integra um amplo conjunto de áreas da organização. Com o objectivo de compreender melhor esta filosofia, analisaremos com algum detalhe o modelo de atribuição do PEX, baseado no modelo da EFQM (figura 2.1 na página seguinte).

Como podemos observar da figura 2.1, a avaliação das organizações desenvolve-se em dois grandes domínios: os *meios* e os *resultados*, com 500 pontos de classificação máxima atribuíveis em cada. Estes dois domínios estão por sua vez subdivididos em torno de 9 critérios principais, sendo ainda cada um destes decomposto em subcritérios, num número de 30, a fim de que a avaliação possa ser realizada da forma o mais objectiva e detalhada possível.

Uma vez analisadas as empresas, estas são seriadas e só se considera existir excelência empresarial se for superado um determinado patamar de pontuação.

Os sistemas de distinção atribuem os mais elevados galardões aos primeiros lugares da tabela, mas todas as empresas que atinjam o patamar pré-definido poderão receber também um distintivo, como forma de reconhecimento do seu esforço e como incentivo à continuação da melhoria contínua, a fim de serem avaliadas pelo mesmo em anos subsequentes.

Independentemente da sua relação com prémios, os Modelos de Excelência podem e devem ser empregues como suporte a processos internos de auto-avaliação visando a melhoria das organizações, de acordo com metodologias que lhes estão associadas. Esta componente constitui a essência da norma ISO 9004:2000, com a designação de "Linhas orientadoras para melhoria do desempenho".

2.1.5 Tendências do movimento da qualidade

De acordo com Blanton Godfrey ([Godfrey, 1997], página 52) *"o século XX foi o da produtividade e o XXI será o da qualidade, um movimento que continua de boa saúde. O poder mudará de mãos:* ***de quem é capaz de produzir para quem é capaz de encantar o cliente****"* e *"... a capacidade de produção já não é a principal vantagem competitiva. O factor de sucesso será a capacidade de produzir algo que as pessoas escolham em detrimento da concorrência"*. Estas afirmações reforçam e sintetizam uma grande parte de tudo o que foi referido ao longo desta secção. Na sequência dos impactos e sinergias provocadas pelas revoluções industriais do século

XX, constata-se hoje a existência de uma capacidade excedentária de produção de quase todo o tipo de bens. A ênfase passou da oferta de produtos e serviços conformes, para a oferta de produtos e serviços com *capacidade para deliciar ou encantar os clientes*, tal como referimos na secção 2.1.1.

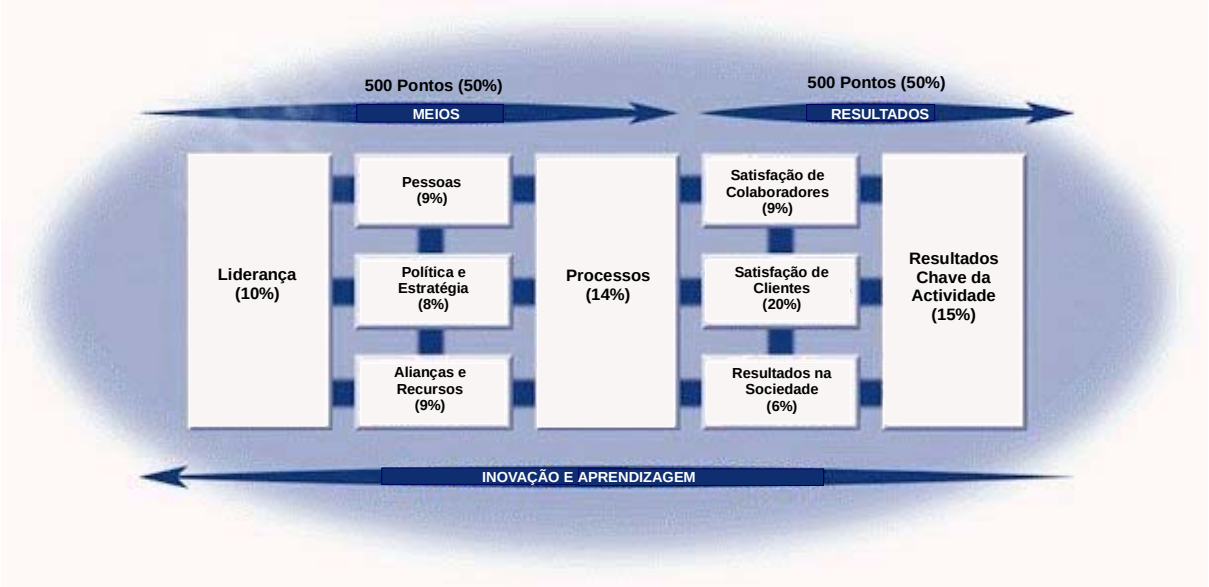


Figura 2.1 - Modelo de avaliação da EFQM.
Adaptado do site da EFQM (http://www.efqm.org).

Numa outra dimensão, mas que tem vindo a desenvolver-se paralelamente com a anterior, e imposta por questões ambientais e éticas, tem-se assistido também à definição de normas universais que pretendem actuar ao nível da redução dos impactos ambientais provocados pelas actividades das organizações (surgimento das normas da série ISO 14000) e ao nível das condições referentes à Higiene e Segurança dos locais de trabalho (OHSAS 18000). Isto porque não faz hoje sentido classificar como boa uma organização que produz bens considerados de qualidade (segundo um critério qualquer ou com um certificado no âmbito das normas ISO 9000), mas que não se preocupa devidamente com as questões ambientais, com os destinos dos resíduos das suas actividades, ou ainda que não dá a importância devida às condições referentes à Higiene, à Segurança, à Salubridade, à Ergonomia e demais aspectos envolvidos no bem estar dos seus colaboradores.

Como tendência futura do movimento da qualidade, caminha-se assim para uma maior abrangência do conceito e para uma visão multifacetada dos processos segundo grandes perspectivas integradas (Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social) e com uma abordagem centrada no cliente e nas suas necessidades. O caminho é assim o da produção/fornecimento de produtos e serviços com mais qualidade (entenda-se mais adequados às reais necessidades e expectativas dos clientes) e simultaneamente que respeitem o ambiente e tenham em conta o bem estar efectivo dos colaboradores. Estas ideias começam a ser uma realidade nas empresas aderentes desde já à filosofia de TQM e práticas alinhadas com Modelos de Excelência.

2.2 Evolução histórica do uso da energia eléctrica

A utilização da energia eléctrica possui pouco mais de um século de existência. Nesta secção analisaremos de forma muito sucinta, os principais marcos históricos na evolução do sector, as diferentes formas de organização que este foi tendo e a alteração das exigências e preocupações para com a qualidade nesta forma de energia.

2.2.1 Diferentes etapas da expansão

Os pioneiros

O período inicial da história do sector eléctrico caracteriza-se essencialmente pela descoberta dos seus grandes princípios e teorias. Terá tido início por volta do ano 600 a.C., quando *Thales* descobriu que ao friccionar um pedaço de âmbar com um tecido de lã ele atraía pequenos objectos. Tinha desse modo evidenciado a existência de electricidade estática. Mas é só por volta de 1600 que tem início uma análise dos fenómenos da electricidade baseada na experimentação sistemática, cuja origem é atribuída ao inglês *William Gilbert*.

Com o século XIX inicia-se uma era caracterizada por descobertas a sucederem-se com grande frequência. *Allessandro Volta* apresenta o primeiro acumulador de energia em 1800. *Andre Ampére* descobre em 1825 a existência de forças repulsivas e atractivas entre dois condutores quando são percorridos por correntes contínuas. *George Ohm* publica a *Lei de Ohm* em 1827. *Michael Faraday* demonstra em 1831 os princípios de funcionamento do gerador de indução, do transformador e do motor eléctrico. O americano *Thomas Davenport* inventa em 1835 o motor eléctrico utilizando um electro-íman que havia sido desenvolvido por *Joseph Henry* em 1823. *Hemphry Davies* efectua em 1858, nos EUA, a primeira demonstração de uma lâmpada de arco eléctrico. *James Clerk Maxwell* publica as *quatro Equações de Maxwell* em 1864. Por volta de 1873 um engenheiro belga, *Zenoble Theophile Gramme*, desenvolve o primeiro gerador e motor eléctrico com utilidade prática. No ano de 1879 *Charles Brush* apresenta o primeiro sistema de iluminação prático, baseado na lâmpada de arco eléctrico que havia sido apresentada por *Hemphry Davies* em 1858 ([Faulkenbery, 1996], páginas 4-6).

As primeiras aplicações práticas

As primeiras aplicações práticas da energia eléctrica utilizavam esta sob a forma de corrente contínua (DC) e destinavam-se a fornecer iluminação, aquecimento e accionamento mecânico. O investigador *Thomas Edison* inventa a lâmpada de incandescência em 1879, e nesse ano cria a primeira empresa para vender energia eléctrica, mais concretamente iluminação. Esta inicia a sua actividade em 1882, com o arranque da primeira central de geração em Manhattan, destinada a alimentar um sistema de iluminação para uma área de cerca de 10 km^2. Em 1881 o francês *Lucien Gaulard* e o inglês *D. Gibbs* patenteiam em Inglaterra o primeiro sistema de transmissão de energia eléctrica em corrente alternada (AC). A partir dessa altura as pequenas centrais geradoras começam a proliferar e por volta de 1900 existem já cerca de 3000, instaladas nas principais cidades dos EUA.

Ao longo deste período, um dos principais factores impulsionadores para os novos inventos foi a preocupação constante dos investigadores para com a melhoria da eficiência energética dos equipamentos. Neste contexto a turbina a vapor, inventada por *Parsons* em 1884, viria a desempenhar um papel muito importante, permitindo a produção de electricidade de uma forma mais eficiente e simples do que as máquinas a vapor com êmbolos. Em 1885 o americano *George Westinghouse* compra os direitos de utilização da patente de *Lucien Gaulard* e *D. Gibbs* para os EUA e nesse mesmo ano a Westinghouse e a sua associada William Stanley desenvolvem e constroem o transformador e o gerador de corrente alternada de tensão constante.

Como grandes linhas de síntese relativamente à organização do sector nessa altura, podemos considerar que esta fase se caracterizou por uma expansão baseada numa filosofia liberal, de iniciativa privada, com a proliferação de unidades geradoras de pequena e média dimensão (geração distribuída), sistemas individuais, redes múltiplas a servir a mesma área geográfica e com um carácter de abrangência regional ([Faulkenbery, 1996], páginas 7-9).

A grande expansão

Esta etapa na história do sector eléctrico assenta essencialmente na exploração dos sistemas em corrente alternada, polifásicos, na geração centralizada com base em sistemas com cada vez maior capacidade, na proliferação das redes de Transporte e Distribuição (T&D), na organização do sector segundo estruturas monopolizadas, detidas pelos estados, e na sua progressiva interligação.

Em termos de marcos tecnológicos mais relevantes desta fase, podemos referir que *Nicola Tesla* introduz, em 1888, o conceito de sistemas polifásicos, assim como o motor de indução polifásico e o motor síncrono; *George Westinghouse* reconhece a grande importância desta descoberta e compra imediatamente as suas patentes; a primeira linha comercial de transmissão em AC é estabelecida nos EUA, em 1890, numa distância de 20 km a 3300 V; o primeiro sistema trifásico é instalado em 1891 entre Lauffen e Frankfurt, na Alemanha; a primeira central hidroeléctrica é instalada em 1886 nas Cataratas do Niágara, mas a transmissão de energia eléctrica em AC desta central para Nova Iorque só é iniciada 10 anos mais tarde; a primeira turbina a vapor de 5 MW é instalada em 1903 nos EUA, iniciando uma era de maior eficiência na produção de electricidade.

Com o início da transmissão de energia eléctrica em AC trifásica, os valores das tensões sobem muito rapidamente. Por volta de 1920 são já comuns tensões de 150 kV. Em 1934 uma empresa do Colorado (Boulder Dam) já enviava energia eléctrica para Los Angeles, situada a 450 km de distância, com valores de tensão de 287 kV.

Com toda esta evolução, por volta de 1940 praticamente todas as indústrias dos países mais desenvolvidos eram já alimentadas com energia eléctrica. Em pouco mais de meio século – desde a instalação da primeira central de geração em Manhattan no ano 1882 –, a electricidade tornou-se num *factor crucial para o bom funcionamento das economias*, constituindo hoje um suporte imprescindível para praticamente todas as áreas vitais da humanidade e o elemento

fundamental para garantir os níveis de qualidade de vida dos cidadão nos países mais desenvolvidos ([Faulkenbery, 1996], página 23)[5].

Em termos de síntese, podemos pois afirmar que em face da grande expansão observada no sector eléctrico, no final dos anos 50, este passou de uma lógica predominantemente liberalizada para uma estrutura mais controlada pelos estados e em alguns casos por grandes monopólios. Houve uma grande aposta em Centros Produtores (CP) de grande capacidade, por razões de aumento de eficiência, e em redes de T&D cada vez mais sofisticadas e interligadas, ao nível de cada país e entre diferentes nações.

2.2.2 Evolução das preocupações com a qualidade da energia eléctrica

Antes de entrarmos propriamente na abordagem deste tema, convirá definir o que se entende por qualidade da energia eléctrica, ou por qualidade associada ao "produto" energia eléctrica. Utilizando a linguagem referida no início da secção 2.1, importa estabelecer uma definição operacional sobre qualidade neste contexto. Para esta abordagem, poderíamos encarar ainda o tema segundo as múltiplas perspectivas atrás referidas, sendo de destacar as baseadas no conceito de valor, no produtor, no cliente, etc. Mas, como essa via nos levaria a uma descrição muito extensa (que vai emergir do estudo apresentado no Capítulo 5), vamos cingirmos aqui a uma descrição sob o ponto de vista técnico, respondendo objectivamente ao que se entende por qualidade do "produto" energia eléctrica.

O que se entende por qualidade do "produto" energia eléctrica

A qualidade do "produto" energia eléctrica possui significados diferentes consoante as necessidades dos clientes envolvidos. Pode, por um lado, definir-se pela ausência de perturbações ou desvios na tensão, corrente ou frequência que possam provocar o mau funcionamento nos equipamentos ou na instalação do cliente. Contudo, deve sobretudo considerar-se pelo nível de impacto que exerce sobre o desempenho dos equipamentos e na exploração do sistema como um todo, quer do cliente, quer das empresas que contribuem para o fornecimento da energia. À parte dos interesses parcelares, e em sintonia com as abordagens seguidas por muitos especialistas e instituições, adiantamos que a qualidade da energia eléctrica pode ser descrita segundo as seguintes dimensões ([Lopes, 1998], página 1):

1. A *qualidade da onda* *(designada na literatura inglesa por "Power Quality")*, caracterizada pela existência de um "produto" energia eléctrica onde todos os parâmetros característicos estão muito próximos dos valores nominais desejados (frequência, sistema de tensões com amplitude constante, equilibrado e simétrico, formas de onda sinusoidais);

2. A *continuidade do serviço ou fiabilidade* *(designada na literatura inglesa por "Power Reliability")*, relacionada com a qualidade do fornecimento (a potência contratada deve estar *sempre* disponível e com qualidade na onda);

[5] Segundo Peter Huber, a quota referente à energia eléctrica, no consumo total de energia efectuado pelo homem, era de 25% no início da década de 70, de 37% nos nossos dias e estima-se que seja da ordem dos 50% por volta de 2050 [Huber(a), 2001].

3. A *qualidade comercial*, não directamente relacionada com o "produto" energia em si, engloba um vasto conjunto de serviços de *interface* do distribuidor com o cliente, que são hoje comuns ao bom serviço em qualquer sector, e onde se incluem:

1. O tempo de resposta entre a contratação de um serviço e o seu fornecimento;
2. A atitude dos colaboradores no contacto com o cliente e perante reclamações;
3. A responsabilização pelo não cumprimento de cláusulas contratuais;
4. O estabelecimento de canais de comunicação eficazes;
5. A política de preços;
6. A facilidade de leitura da factura energética;
7. Os métodos de pagamento disponíveis;
8. Apoio técnico (por exemplo na *Utilização Racional de Energia*), etc.

Podemos pois afirmar que do ponto de vista do "produto" disponibilizado, a qualidade da energia eléctrica é tanto mais elevada quanto mais próximos estiverem todos os seus parâmetros dos valores nominais que a definem ([Barros, 1999], página 35). Quando, ao longo do texto, citamos a expressão – *qualidade da energia eléctrica* – estaremos a referir-nos sobretudo às duas dimensões relacionadas com a qualidade do "produto": *a qualidade da onda* e *a continuidade do serviço.*

Os grandes períodos na história do sector

Regressando ao tema principal desta subsecção (evolução das preocupações com a qualidade da energia eléctrica), para efectuarmos uma síntese dos principais problemas associados ao uso da energia eléctrica, desde o início da sua exploração até aos nosso dias, vamos considerar dois grandes períodos: o primeiro desde 1882 até aos primeiros anos da década de 70 e o segundo com início na década de 70, estendendo-se até hoje (figura 2.2).

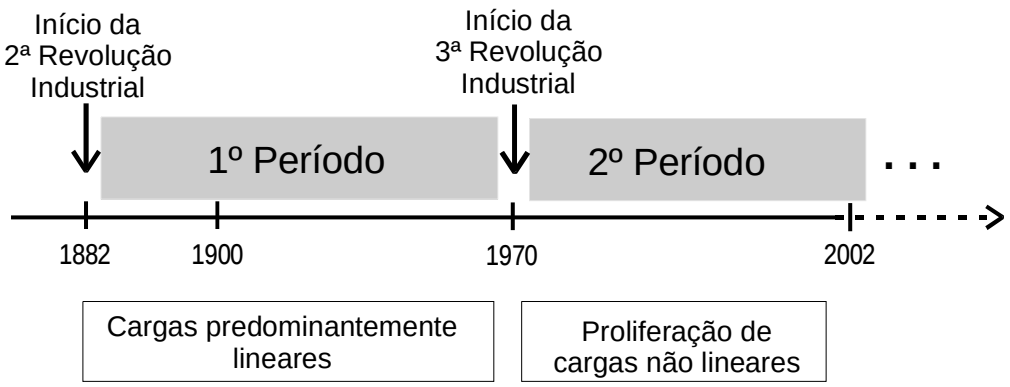


Figura 2.2 - Grandes períodos na história do sector eléctrico.

Primeiro período (desde 1882 até ao início dos anos 70)

Como referido anteriormente, nos primeiros anos do século XX a distribuição de energia eléctrica apresentava-se muito simples. Todavia, com o aumento do conhecimento associado à sua utilização e à proliferação de cargas e de clientes, no início dos anos 20, o uso da energia eléctrica começou a sofisticar-se. As redes foram expandidas para distâncias cada vez maiores, a distribuição em AC polifásica permitia maior eficiência no transporte e melhores características para os sistemas motrizes, e começaram a surgir os primeiros dispositivos de comutação de velocidade, a rectificação e o controlo do ângulo de fase através de sistemas baseados em tubos de vácuo. Alguns textos dessa época referem já algumas preocupações de qualidade relativas ao uso da energia eléctrica, sobretudo nas grandes indústrias, como os fenómenos de indução mútua, o controlo do factor de potência e a injecção de harmónicos por algumas cargas. Contudo, estas não representavam um problema muito sério, estando circunscritas a algumas indústrias específicas e a sectores com grandes potências instaladas. Os sectores residencial e comercial integravam neste período receptores simples, constituídos maioritariamente por elementos passivos como cargas resistivas, indutivas e capacitivas, as quais não introduziam distorção significativa nos parâmetros da energia eléctrica nas redes de distribuição. Este cenário manteve-se, com pouca alteração, até ao início da década de 70.

Segundo período (desde o início dos anos 70 até hoje)

No início dos anos 70, como consequência da implantação em larga escala de dispositivos electrónicos baseados em semicondutores (sobretudo a electrónica de potência) e de medidas governamentais emergentes dos choques petrolíferos de 1973 e 1979, assistiu-se a uma grande expansão no uso de dispositivos electrónicos não lineares e na adopção de medidas para a utilização mais eficiente da energia eléctrica que vieram alterar profundamente a natureza das cargas até então utilizadas.

Para uma abordagem, que pretendemos simultaneamente sucinta, mas também abrangente, da realidade actual do sector, efectuamos na subsecção seguinte uma análise das principais perturbações a que está sujeita a energia eléctrica ao longo do seu percurso tradicional (desde o local de geração até às cargas).

2.2.3 Factores que interferem com a qualidade da energia eléctrica

A qualidade da energia eléctrica no local da geração

Grande parte da energia eléctrica hoje consumida é ainda produzida em geradores de grande capacidade. Estas máquinas e instalações são alvo de um projecto muito cuidado e operam integradas em sistemas interligados que no seu conjunto possuem uma significativa capacidade de reserva, o que permite, teoricamente, que possam responder ao aumento de carga no sistema sem que se verifiquem quedas de tensão muito significativas à sua saída. Nesses CP as cargas consumidoras são maioritariamente lineares e não afectam significativamente a qualidade da energia. Por estes factos, a energia eléctrica à saída dos locais de geração possui geralmente uma qualidade elevada.

A degradação introduzida pelo sistema de transmissão

À saída dos CP, a tensão é elevada para valores de Alta Tensão (AT) e Muito Alta Tensão (MAT)[6], da ordem dos 150, 220 e 400 kV, a fim de ser optimizado o seu transporte – através de linhas aéreas – até aos pontos de entrega. Durante esse percurso a energia fica então exposta a um conjunto de factores perturbadores, alguns inevitáveis, que exercem influências cumulativamente degradantes sobre a sua qualidade ([Lonie, 1998], páginas 3-5), e que passamos a referir:

1. *Variação das indutâncias das linhas*, provocada pelas oscilações laterais destas quando ocorrem ventos fortes. Embora este efeito seja minimizado pela sua transposição, ele apresenta sempre algum impacto manifestado em oscilações de tensão aleatórias no seu extremo;
2. *Descargas atmosféricas* que ocorrem sobre as linhas devido à localização destas relativamente ao solo e ao tipo de terrenos que atravessam. A ocorrência destes fenómenos reflecte-se em picos de tensão de amplitude muito elevada e de curta duração. Estas perturbações constituem contudo um problema menos grave nas linhas de AT e MAT do que nas linhas de Média Tensão (MT) ou Baixa Tensão (BT), onde provocam sobretensões muito perigosas. Uma outra consequência deste fenómeno é a de provocar o disparo da aparelhagem de protecção que se repercute, além dos picos já referidos, em interrupções de fornecimento, com duração que pode ser muito variável;
3. *Contornamentos dos isoladores* que ocorrem devido à disrupção da linha para a terra, provocados sobretudo pela acumulação de poeiras e humidade nos isoladores, em regiões saturadas nestes elementos. Este fenómeno origina subtensões (ou cavas) nas fases em que ocorre e nos pontos de entrega de energia, provocando o desequilíbrio dos sistemas de tensões e/ou o disparo da aparelhagem de protecção, podendo provocar interrupções de fornecimento cuja duração pode ser também muito variável;
4. *Quedas de tensão provocadas pelas impedâncias das linhas*, podendo estas ser responsáveis por oscilações nos níveis de tensão da ordem dos ± 10% entre as condições em vazio e a plena carga;
5. *Influência de outras linhas interligadas*, que apesar de contribuírem para reduzir as impedâncias em qualquer ponto de ligação e para o aumento da estabilidade e fiabilidade do sistema, podem também agir como difusores de problemas;
6. *Agressões físicas* que podem ser de natureza muito diversa, como por exemplo incêndios, temporais, ninhos de cegonha ou a ruptura de linhas, que se repercutem sempre em perturbações mais ou menos graves na qualidade da energia transportada.

Pelas razões apontadas, podemos concluir que a energia eléctrica no extremo do sistema de transmissão foi já exposta a um número significativo de factores potencialmente perturbadores e que por isso podem contribuir significativamente para a sua deterioração. Mas constata-se, como veremos adiante, que não é a este nível que acontecem os maiores problemas.

---

[6] Estão a surgir tecnologias denominadas por "Powerformer" e "Windformer" que produzem a energia directamente nos valores de tensão de transporte (150 kV), dispensando desse modo a necessidade de elevação, simplificando e diminuindo os custos das instalações e aumentado o seu rendimento [Powerformer, 2002], [Windformer, 2002].

A degradação introduzida pelo sistema de distribuição

Após o transporte da energia eléctrica em valores de tensão muito elevados, esta é transformada em grandes subestações para valores de MT com valores típicos de 60, 30 e 15 kV, a fim de ser distribuída por regiões geográficas mais restritas e de ser transportada até próximo dos clientes finais da forma mais económica possível. Nessa operação de distribuição, e dependendo do tipo de cliente e da rede, vários passos de redução nos níveis de tensão podem ser necessários. Alguns grandes clientes adquirem a energia em MT, efectuando a transformação nas suas instalações. Outros adquirem a energia nos valores de utilização final ou em BT (400 e 220V). Mas, independentemente do número de passos de redução necessários, cada um destes é realizado por intermédio de transformadores que representam a adição de sucessivas impedâncias (com características não lineares) entre os geradores colocados nos CP e as cargas finais. A este nível podem também ser já inseridos condensadores para compensação de potência reactiva. A consequência da adição destes equipamentos é a de introduzirem impedâncias suplementares e maior probabilidade de perturbações na qualidade da onda e fiabilidade do fornecimento. Além disso, as linhas de distribuição em MT e BT, devido à sua grande abrangência geográfica e maior acessibilidade, apresentam maior vulnerabilidade. Estas atravessam ainda zonas com inúmeros potenciais agressores, como árvores e gruas, e os postes que as suportam são com muita frequência alvos de incidentes. Se forem subterrâneas alguns riscos são eliminados, mas ficam sujeitas a outros que muito frequentemente causam também problemas graves. Ainda relativamente à vulnerabilidade, as linhas de AT e MAT possuem protecções especiais contra descargas atmosféricas e nestas a sua gravidade é média, pois repercutem-se de forma atenuada ao nível da BT devido às impedâncias dos transformadores e das linhas que actuam como atenuadores. Já sobre as linhas de distribuição em MT, e sobretudo em BT, as descargas atmosféricas provocam quase sempre efeitos nefastos, manifestando-se estes tanto sobre os equipamentos do distribuidor, como nas cargas dos clientes.

Pelo que foi descrito, podemos afirmar que neste passo intermédio do fornecimento da energia eléctrica esta fica exposta a um número cada vez maior de potenciais agressores da sua qualidade. E podemos adiantar ainda que quanto mais afastados estivermos do local de geração, maior é a probabilidade de degradação introduzida.

A degradação introduzida pelas cargas

É ao nível do consumo da energia eléctrica que ocorre actualmente o maior número de problemas e de perturbações sobre a sua qualidade. Grande parte das cargas que têm vindo a ser introduzidas, sobretudo após a década de 70, são baseadas em dispositivos electrónicos sensíveis, tais como *díodos, transístores, tiristores, IGBT ("Insulated Gate Bipolar Transistors"), circuitos integrados, microprocessadores, etc*. Todos estes dispositivos vieram permitir o uso da energia eléctrica de uma forma mais eficiente e o controlo mais preciso sobre todo o tipo de processos, mas simultaneamente trouxeram também perturbações muito significativas à qualidade da energia eléctrica. Devido à não linearidade[7] característica destes dispositivos (figuras 2.3 e 2.4), eles são simultaneamente dos principais causadores de problemas na qualidade da energia

[7] Enquanto que uma carga linear absorve uma corrente sinusoidal, se for alimentada por uma tensão sinusoidal, numa carga não linear essa corrente é altamente distorcida.

eléctrica na actualidade e as maiores vítimas dessa falta de qualidade, pois são altamente sensíveis às variações dos parâmetros característicos (e da qualidade!) da energia eléctrica que recebem ([Boyd, 1999], página 3).

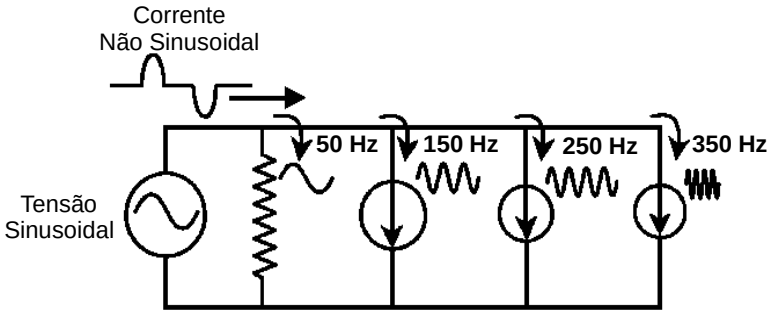


Figura 2.3 - Circuito equivalente de uma carga não linear.
Adaptado de: (http://www.copper.org).

As fontes de corrente apresentadas na figura 2.3 são responsáveis pela injecção de harmónicos nas redes de alimentação. Esses harmónicos em corrente (figura 2.4) provocam, devido às impedâncias das linhas, harmónicos em tensão que são difundidos pelos sistemas de distribuição, afectando os receptores de todos os clientes a eles ligados.

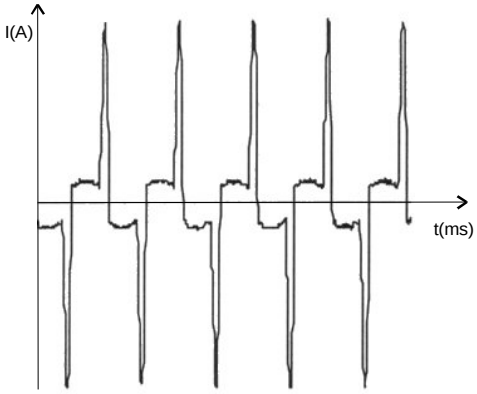


Figura 2.4 - Forma de onda da corrente absorvida por uma carga não linear típica (um PC Pentium a 100 MHz). Fonte: [Delgado, 1999].

Na sequência desta abordagem sobre a degradação da qualidade da energia eléctrica introduzida pelas cargas, iremos analisar em seguida um dos principais dispositivos responsáveis pelas perturbações.

O principal dispositivo responsável pelo grande impacto das cargas

Actualmente a maioria dos equipamentos eléctricos/electrónicos opera internamente com tensões DC possuindo como *interfaces* com a rede, dispositivos genericamente designados por *Fontes de Alimentação* (FA). Até há alguns anos atrás, estas eram constituídas por um transformador, que adaptava a tensão AC aplicada ao valor eficaz pretendido, seguido de uma ponte rectificadora acoplada a um condensador, que convertia essa tensão em DC. Esta geração

de FA caracterizava-se por ser volumosa, pesada, possuir uma baixa eficiência energética e provocar uma relativa baixa distorção na forma de onda da corrente. Nas três últimas décadas, impulsionada pela necessidade de obter dispositivos mais compactos, leves e eficientes, foi desenvolvida uma nova classe de FA, designada por *Fontes de Alimentação Comutadas* (FAC) ou *"Switched Mode Power Supply"* (figura 2.5).

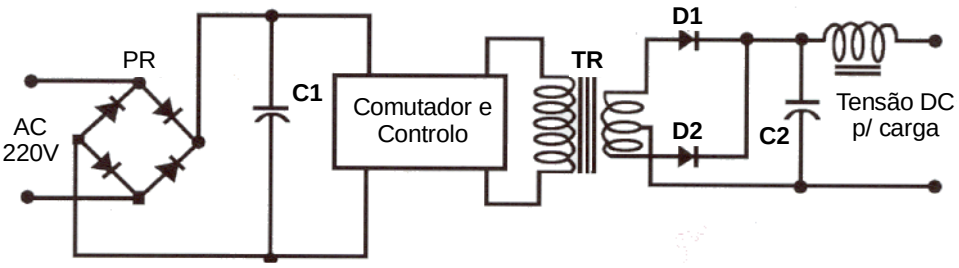


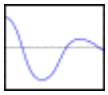
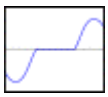
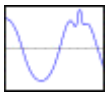
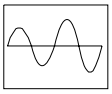
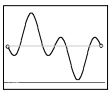
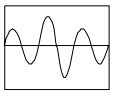
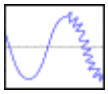
Figura 2.5 - Diagrama de uma FAC, utilizada hoje em grande número de dispositivos eléctricos/electrónicos.
Adaptado de: ([Keneddy, 2000], página 53).

Nestes novos dispositivos o *interface* com a rede é estabelecido pela Ponte Rectificadora (*PR*). O módulo *Comutador e Controlo,* constituído por componentes de electrónica de potência, deixa passar energia da ponte para o transformador *TR*, que opera com onda quadrada proveniente da modulação por largura de impulsos (PWM) do comutador, com frequências da ordem dos 20 aos 100 kHz (em vez dos 50 Hz das FA tradicionais). A tensão de saída pode ser assim controlada de forma dinâmica, actuando nos tempos de condução e corte dos componentes de potência que o integram, permitindo uma grande versatilidade na obtenção de uma tensão de saída DC estabilizada, mesmo em presença de grandes flutuações na tensão de entrada. O facto de o *TR* operar com frequências muito elevadas permite que as FAC sejam externamente compactas, leves e mais eficientes que as FA tradicionais. Contudo, devido à sua arquitectura e às características intrínsecas dos componentes comutadores, as correntes por elas absorvidas possuem uma forte componente harmónica, que flui cumulativamente para os sistemas de distribuição e transporte ([Brender, 1999], página 11). Este fenómeno designa-se por *Poluição Harmónica* e constitui um domínio de grande preocupação para o sector eléctrico na actualidade. Devido à sua especificidade e necessidade de abordagem detalhada não será analisado nesta dissertação, sendo apenas referido sucintamente na lista das perturbações apresentadas na Tabela 2.3.

2.2.4 Perturbações mais frequentes e significativas

Em face dos diferentes tipos de agressões da qualidade da energia eléctrica atrás referidos, as perturbações mais relevantes e frequentemente observadas nos sistemas de distribuição actuais são as que a seguir sucintamente se enumeram na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Problemas mais frequentemente observados na qualidade da energia.

1. Subtensões ou cavas 	Descrição: Decréscimo temporário do valor da tensão com duração curta (10 ms a 1 minuto) ou longa (superior a 1 minuto) e com redução de amplitude grave (10% a 80% do valor nominal) ou ligeira (80 a 90% do valor nominal). Causas: Defeitos na rede de transporte e distribuição (ou em circuitos paralelos da rede de alimentação). Defeitos nas instalações dos clientes. Ligação de grandes cargas e arranque de motores de grande potência. Consequências: Disparo de contactores e de relés electromecânicos, falha de VEV´s para o controlo de motores eléctricos, perca de rendimento nas máquinas eléctricas rotativas, paragem de sistemas de controlo industrial baseados em microprocessador (PC´s, PLC´s, etc.).
2. Interrupções de muito curta duração ou *micro-cortes* 	Descrição: Interrupção total do fornecimento de energia, desde alguns milisegundos até um ou dois segundos. Causas: Devido sobretudo a operações de comutação realizadas por dispositivos de abertura e rearme automático, para isolar um problema e manter o fornecimento à área em causa. Podem ser devidas a falhas de equipamentos, descargas atmosféricas, contornamentos nos isoladores, erro humano, acidente, ... Consequências: Disparo de alguma aparelhagem de segurança, perdas de informação, danificação de equipamento de processamento de informação. Paragem de muitos equipamentos sensíveis, como VEV´s, PLC´s e PC´s, se não estiverem preparados para lidar com este tipo de situação.
3. Interrupções longas 	Descrição: Características idênticas às interrupções de curta duração, mas com duração superior. Causas: Podem ser devidas a falhas de equipamentos, más condições climatéricas, incêndios, animais, erro humano ou acidente com as linhas ... Consequências : Paragem de todos os equipamentos.
4. Picos transitórios 	Descrição: Variações muito rápidas no valor da tensão, da ordem dos microsegundos a poucos milisegundos, e com amplitudes que podem atingir valores da ordem de centenas a milhares de Volt. Causas: Descargas atmosféricas, operações de comutação efectuadas pelo fornecedor, ou na comutação de bancos de condensadores, arranque ou paragem de máquinas e equipamentos, descargas electrostáticas. Consequências: Provocam destruição de componentes, de isolamentos, de placas de circuito impresso e de circuitos integrados, erros nos sistemas de processamento de dados, percas de informação pelas memórias e sistemas de armazenamento, interferência electromagnética, ...
5. Sobretensões temporárias 	Descrição: Aumentos temporários do valor de tensão com designação de picos se a duração for muito curta, ou de sobretensões se a duração for superior a alguns segundos. Causas: Arranque ou paragem de equipamentos de grande potência, curto circuitos, sistemas de alimentação de energia mal dimensionados, transformadores mal regulados em períodos de vazio, ... Consequências: Perdas de informação em sistemas informáticos, variação do brilho em sistemas de iluminação, tremular de écrans de computadores, paragem de equipamentos ou danificação de equipamentos electrónicos, se os valores forem muito elevados.
6. Distorção harmónica 	Descrição: Forma de onda da tensão não é sinusoidal, mas resultante da adição de sinais com diferentes amplitudes e fases, e com frequências múltiplas da tensão fundamental. Causas: *Fontes clássicas:* transformadores a trabalhar na zona de saturação magnética, fornos a arco, aparelhos de soldar, motores com escovas. *Fontes modernas:* todo o tipo de cargas não lineares como equipamentos informáticos, iluminação de alto rendimento, aparelhos de ar condicionado, UPS´s, VEV´s, ... Consequências: Possibilidade de ocorrência de ressonâncias nos circuitos, problemas no neutro dos sistemas trifásicos, sobreaquecimento geral de cabos e equipamentos, perca de rendimento de máquinas rotativas, interferência electromagnética com sistemas de comunicação, erros na aparelhagem de medida convencional, disparo intempestivo de protecções térmicas.
7. Tremulação ou *"Flicker"* 	Descrição: Flutuação do valor da tensão, modulado em amplitude por um sinal com frequência da ordem dos 0 a 30 Hz e com amplitudes de 80 a 90% do valor da tensão nominal. Causas: Fornos de arco, arranque e paragem frequente de motores eléctricos (por exemplo em elevadores), cargas oscilantes e máquinas de soldar a electrogéneo, ... Consequências: As consequências sobre todo o tipo de receptores são bastante nefastas e comuns com as das subtensões, embora as mais visíveis se manifestem no tremular da intensidade luminosa emitida por aparelhos de iluminação.
8. Ruído 	Descrição: Sobreposição de sinais de alta frequência sobre a frequência fundamental. Causas: Interferências electromagnéticas provocada por sistemas com feixes hertzianos, microondas, difusão de televisão, soldadura e fornos a arco, terras deficientes, impressoras laser e outros equipamentos electrónicos. Consequências: Distúrbios nos equipamentos electrónicos sensíveis, mas geralmente não destrutivos. Pode causar erros e perdas de informação nos sistemas de processamento de dados.

2.3 A importância da qualidade da energia eléctrica na actualidade

Como analisámos na secção anterior, devido às limitações dos sistemas tradicionais de T&D, a qualidade que estes podem garantir apresenta muitas perturbações. Em termos de continuidade do fornecimento os seus valores situam-se em torno dos 99,9% de fiabilidade, ao que corresponde uma interrupção anual de cerca de 8,7 horas. Embora este valor possa ser melhorado com uma manutenção mais cuidada e com a modernização de alguns equipamentos críticos, com as infra-estruturas actuais e as tecnologias tradicionais desses sistemas, poderá atingir-se no limite uma fiabilidade da ordem dos 99,99%, a que está ainda associada uma interrupção anual de cerca de 52 minutos ([Huber(b), 1999], página 3).

2.3.1 A qualidade actualmente disponibilizada

Um estudo de amplitude nacional, realizado pelo *"Electrical Power Research Institute"* (EPRI) no período de 1993 a 1999, nos EUA, sobre a qualidade da energia eléctrica nos pontos de entrega aos clientes em BT, revelou que esta apresentava as características ilustradas na figura seguinte.

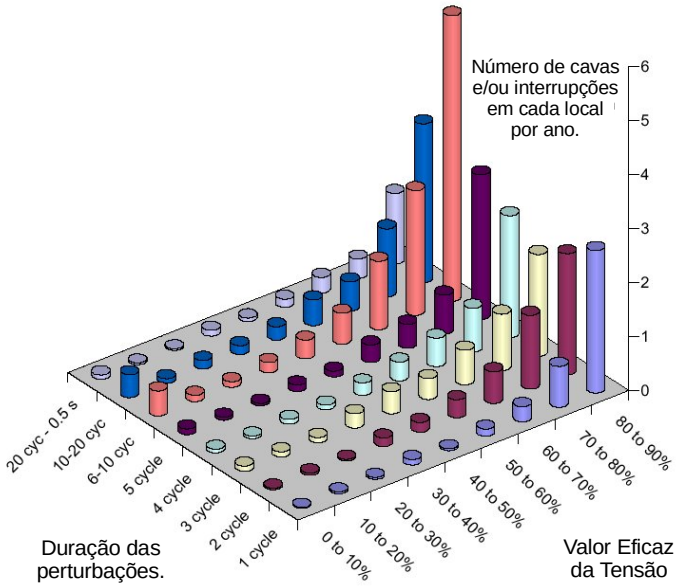


Figura 2.6 - Média anual das perturbações evidenciadas nas redes de distribuição dos EUA.
Fonte: [EPRI, 1999].

Um outro estudo, realizado também nos EUA em 1999, revelou que, em média, uma empresa de serviços evidenciava num mês típico, 106 perturbações na qualidade da energia eléctrica que recebia [Conroy, 1999].

A monitorização da qualidade da energia, em MT, à entrada de uma fábrica de semicondutores (um processo de alta criticidade e alvo de cuidados muito especiais por parte da distribuidora), também nos EUA, revelou que num período de amostragem de três anos as

perturbações evidenciadas foram as apresentadas na figura 2.7, onde cada ponto representa uma situação anormal de fornecimento [Borbely, 2000].

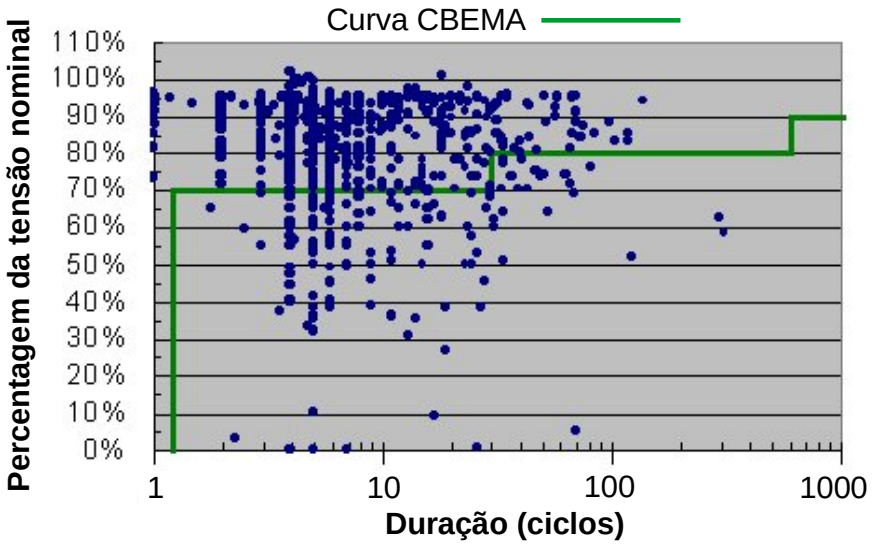


Figura 2.7 - Perturbações nos níveis de tensão à entrada de uma fábrica de semicondutores, representada sobre a Curva CBEMA (ver figura 2.9).
Fonte: SEMATECH Study (http://www.powerstandards.com)

Com base nestes dados, podemos pois concluir que as instalações dos clientes estão actualmente sujeitas a um grande número de situações, com a tensão que lhes é disponibilizada a descer a níveis que causam sérios problemas às suas actividades.

De acordo com os resultados do estudo EPRI atrás referido, a maioria dos problemas está associado às subtensões. Uma outra constatação é a de que cerca de 86% das interrupções actuais possuem uma duração inferior a 200 milisegundos e 91% uma duração inferior a 2 segundos. Este último dado constitui um importante indicador, designado na gíria da qualidade da energia eléctrica por *"problema dos dois segundos"*, que representa um referencial de actuação para as indústrias que pretendem mitigar os efeitos das perturbações [EPRI, 1998]. A maioria das perturbações com duração inferior a 200 milisegundos é quase imperceptível para um grande número de clientes e não causa problemas graves nos seus equipamentos, mas noutros são responsáveis pelo mau funcionamento de controladores de processos, variadores electrónicos de velocidade, servidores, redes de comunicação, etc, em suma, pela paragem total de equipamentos e das actividades económicas deles dependentes ([Langley, 1999], página 22). Assim, se for possível desenvolver estratégias que permitam dotar os equipamentos com capacidade para resistir a perturbações com duração da ordem dos 2 segundos, estaremos a aumentar a sua imunidade a esses fenómenos e a contribuir para a supressão de cerca de 90% das causas de potenciais problemas.

Relativamente aos indicadores da qualidade da energia eléctrica no nosso país, de acordo com os Relatórios da Qualidade de Serviço disponibilizados pela Entidade Reguladora do Sector Eléctrico (ERSE) e de informações por nós recolhida com a realização do estudo preliminar e

prospectivo [Delgado, 2000], integrante desta dissertação, discutido em detalhe no Capítulo 5 (apresentado na íntegra no Anexo C), realizado sobre os sectores industrial e dos serviços, podemos afirmar que o tipo e perfil das perturbações, interrupções e micro-interrupções evidenciados nas nossas redes é semelhante ao diagnosticado e divulgado pelo EPRI nos EUA. Neste contexto, e a título exemplificativo, citamos o caso de uma indústria de processo contínuo, situada na Região Centro, alimentada a 60 kV, que monitoriza de forma permanente a qualidade da energia que recebe e nos facultou a informação de que no ano de 1998 registou 9 cortes de energia longos e cerca de 113 micro-cortes (com duração inferior a 1 segundo). Se compararmos estes valores com os divulgados pelo estudo do EPRI nos EUA, obtemos um perfil algo semelhante ao representado nas figuras 2.6 e 2.7.

2.3.2 A qualidade exigida pelas aplicações actuais

Quando se exprime o índice de fiabilidade (ou qualidade) exigida por uma dada aplicação, ou associado a uma determinada tecnologia de fornecimento de energia eléctrica, é cada vez mais frequente utilizar o *número de noves* que a definem para fazê-lo. Na Tabela 2.4 apresentam--se os valores relevantes neste contexto.

Tabela 2.4 - Índices de fiabilidade e tempos de interrupção associados.

Nº de noves	Fiabilidade (%)	Tempos de interrupção por ano	Tecnologias associadas
3	99,9	8,7 horas	Valor típico disponibilizado pelo sistema tradicional com interligação de redes e centros produtores.
4	99,99	52,5 minutos	Valor máximo atingível com a modernização tecnológica dos sistemas de T&D tradicionais.
5	99,999	5,25 minutos	
6	99,9999	31,5 segundos	Valor mínimo exigido pelas cargas da nova economia.
7	99,99999	3,15 segundos	Valor disponibilizado pelas melhores tecnologias de UPS e "Gen-Set" com "Ride Through Capability"
8	99,999999	315 milisegundos	
9	99,9999999	31,5 milisegundos	Valor a partir do qual se pode considerar que a energia é efectivamente pura e adequada às actuais aplicações da economia digital.

As limitações dos sistemas de fornecimento tradicionais

Como podemos constatar pela Tabela 2.4 e pelo que foi referido anteriormente, com as infra-estruturas de T&D tradicionais nunca poderão atingir-se os índices de fiabilidade e qualidade hoje exigidos pelas aplicações digitais assentes no microprocessador e nas tecnologias de processamento de informação, o denominado mercado dos *"SmartChips"*[8]. Para se conseguirem níveis de fiabilidade acima dos *"quatro ou cinco noves"* ou para adicionar *"mais*

[8] Esta designação é atribuída às cargas consumidoras de energia que assentam no microprocessador e noutras tecnologias de processamento de informação sensíveis e altamente dependentes da qualidade da energia eléctrica.

noves" à fiabilidade, necessitam-se de sistemas que armazenem (ou produzam) energia eléctrica localmente, como baterias, super condensadores, bobinas supercondutoras, "flywheels", geradores de emergência, células de combustível, microturbinas, etc.; mas sobretudo de tecnologias de condicionamento de potência que permitam "injectar" energia nos sistemas de alimentação às cargas críticas de um modo tão rápido e preciso que a forma de onda à sua saída não sofra, durante a fase de transição da alimentação da rede exterior para a alimentação a partir da fonte alternativa, qualquer deformação significativa. Tal envolve sistemas de monitorização e processamento de informação muito rápidos e electrónica de potência com tempos de comutação muito curtos, quando está em causa suprir interrupções com duração da ordem dos milisegundos.

Como ultrapassar as limitações referidas

Em face da necessidade de dispormos de dispositivos com as características referidas no ponto anterior, tem vindo a ser aperfeiçoada a tecnologia dos denominados *"PowerChips"*, que são componentes de electrónica de potência com tecnologia de silício, cuja função é a de "injectar" energia eléctrica de forma muito precisa nos sistemas sob o seu controlo. Estes dispositivos desempenharão, juntamente com as novas tecnologias de geração distribuída e de armazenamento de energia (analisadas em detalhe no Capítulo 3), um papel determinante para que as mesmas possam garantir os índices de fiabilidade e qualidade actualmente exigidos pelas aplicações de alta criticidade (o mercado dos *"nove noves"*) ([Huber(c), 2001], página 7).

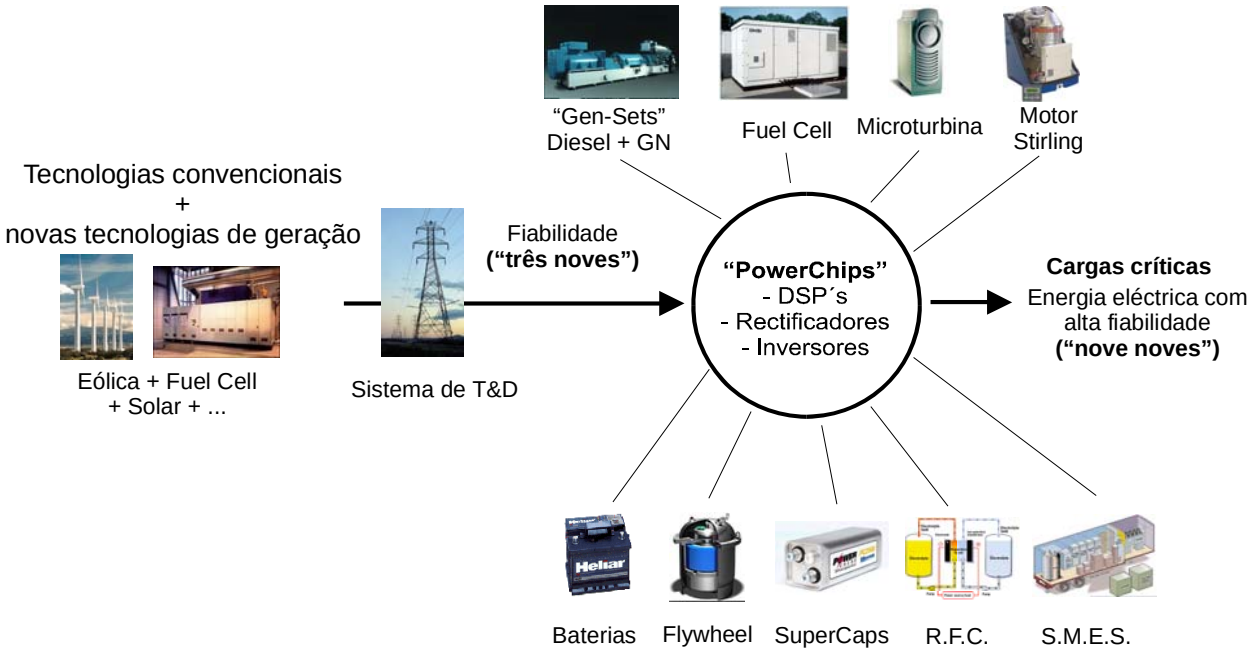


Figura 2.8 - Papel dos "PowerChips" na integração das novas tecnologias de geração e armazenamento de energia eléctrica com vista ao fornecimento de energia eléctrica com alta fiabilidade.

Ainda de acordo com Huber ([Huber(d), 2000], página 6), estes novos elementos (que ocupam a posição central na estrela da figura anterior), constituem uma classe de dispositivos cujo impacto não é apenas o de melhorar o desempenho das tecnologias de comutação actuais (baseadas sobretudo em princípios electromecânicos), mas sim o de incrementarem a sua fiabilidade numa magnitude de *"seis noves"*, impulsionando e *tornando possível uma reestruturação radical no funcionamento do sector eléctrico*. Segundo este investigador, está a operar-se em torno desta tecnologia uma evolução algo semelhante à observada na tecnologia dos *"SmartChips"* após a década de 80, com sistemas mais rápidos, mais eficientes, mais compactos e com capacidade para controlar potências cada vez mais elevadas a surgirem sucessivamente.

Custos associados ao aumento da fiabilidade

Um outro aspecto extremamente importante que pretendemos abordar, ainda que de forma sucinta, é o referente ao incremento do custo do kWh, quando se pretende maior fiabilidade.

Enquanto que o preço do kWh disponibilizado pela rede de distribuição tradicional (com uma fiabilidade de *"três noves"*) é da ordem dos €0,10, por cada *"nove"* no aumento da fiabilidade, **o preço por kWh disponibilizado pela tecnologia que o suporta** pode ser incrementado por um factor da ordem das dezenas a milhares de vezes superior. Analisemos então alguns exemplos elucidativos desta afirmação.

Quando alguém adquire uma Unidade de Alimentação Ininterrupta (UPS), para manter o seu PC isolado das perturbações que lhe chegam da rede, o que está a fazer na realidade é a melhorar a fiabilidade da alimentação ao seu equipamento para um valor típico da ordem dos *"seis noves"* e a pagar a energia que esse dispositivo lhe irá fornecer a cerca de €20,00/kWh (200 vezes o preço da energia tomada directamente da rede), pois na realidade a UPS apenas irá disponibilizar alguns kWh de energia durante o ano, distribuídos pelo número de vezes em que se verificarem perturbações na tensão da rede que justifiquem a sua intervenção.

Todavia, se considerarmos uma aplicação de maior potência (no sector industrial ou dos serviços), que disponha de um gerador de emergência com motor diesel, uma tecnologia com uma fiabilidade típica de *"cinco noves"* quando em funcionamento contínuo, os custos da energia por esta disponibilizada, para poucas horas de utilização anuais, situam-se em torno dos €5,00/kWh (50 vezes o custo da energia da rede). No entanto, se for exigido que esta tecnologia garanta a transição da alimentação da rede exterior para o gerador de emergência com tempos de comutação da ordem dos milisegundos, necessitaremos já de elementos armazenadores de energia (como baterias electroquímicas, "flywheels", super condensadores ou outros) e de electrónica de potência, "PowerChips", que elevam a fiabilidade para os *"seis noves"*, com o custo da energia eléctrica disponibilizada durante a intervenção do sistema a subir para valores próximos dos €1.000,00/kWh (10.000 vezes o custo da energia tomada directamente da rede).

Se evoluirmos ainda mais, e considerarmos aplicações com potências muito elevadas e que exigem grande fiabilidade, então, para esses casos, terá que ser já efectuada a combinação de "PowerChips" com tecnologias de armazenamento de energia de grande capacidade (como por exemplo bobinas supercondutoras - SMES). A este nível o custo do kWh de que temos vindo a

falar, para uma fiabilidade de *"nove noves"*, podem ser da ordem dos €100.000/kWh (cerca de 1.000.000 de vezes o preço do kWh tomado directamente da rede).

Perante os factos referidos, podemos pois inferir que o custo da energia eléctrica disponibilizada pelas tecnologias de suporte à *"Ride Through Capability"* (RTC)[9] disparam, à medida que os índices de fiabilidade e das potências em jogo aumentam. O preço final médio do kWh para garantir uma dada fiabilidade não se encontra objectivamente "tabelado" e depende de factores como, a tecnologia RTC utilizada, a fiabilidade disponibilizada pela rede tradicional, a quantidade da energia consumida anualmente, etc. Mas, se forem tidos em conta os prejuízos evitados, os investimentos nestas tecnologias constituem uma opção altamente vantajosa para os sectores de elevada criticidade ([Huber(b), 1999], página 11).

2.3.3 Os custos da não qualidade (ou *"PQ costs"*)

Quando a energia eléctrica disponível para uma dada aplicação não possui a qualidade exigida pela mesma, esta provoca perturbações no funcionamento dos equipamentos, que conduzem inevitavelmente a custos de exploração adicionais devidos a:

- Perdas de informação;
- Perdas em tempo de produção;
- Perdas de materiais em vias de fabrico;
- Custos de substituição ou reparação de equipamentos;
- Custos de re-arranque e sintonia de processos;
- Perda de credibilidade junto dos clientes;
- Perigos acrescidos para a segurança humana;
- Impactos sobre o meio ambiente; Etc.

É ainda importante deixar bem claro relativamente a este aspecto que, quando se fala em custos da não qualidade, ou custos imputáveis à falta de qualidade na energia eléctrica, estes constituem um problema tanto para os clientes como para os fornecedores. A sua quantificação tem sido no entanto mais fácil de efectuar para os segundos. Analisemos então o impacto deste problema sobre estes dois grupos.

Custos da não qualidade para o fornecedor

Os custos associados aos problemas com a qualidade da energia eléctrica têm sido relativamente fáceis de quantificar do lado do fornecimento (onde se inclui o produtor, o transportador e o distribuidor). As empresas a operar "deste lado" dispõem geralmente de bases de dados bem estruturadas sobre capacidades instaladas, disponibilidades, diagramas de carga, previsões de consumos, etc., que lhes permitem gerir com bastante eficácia muitos dos

[9] *"Ride Through Capability"* é uma expressão utilizada na literatura inglesa para designar a capacidade proporcionada por tecnologias e metodologias que dotam as cargas com capacidade para poderem operar em ambientes "agressivos" do ponto de vista das perturbações na alimentação de energia eléctrica, sem comprometerem o desempenho das funções que lhes estão atribuídas.

problemas, através de acções que minimizem os impactos dos mesmos. Por outro lado, o cálculo destes custos **era** relativamente fácil de efectuar, traduzindo-se o seu impacto essencialmente na diminuição da receita resultante da energia não fornecida, devido às interrupções longas. Uma interrupção de curta duração (ou micro-corte), por exemplo, não constituía, do ponto de vista da exploração, um problema grave para o distribuidor, pois a sua facturação era pouco afectada por isso[10]. Com a entrada em vigor do Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS) em Portugal e de contratos especiais de fornecimento de energia, que incluem cláusulas de responsabilização recíproca por uma determinada qualidade de serviço acordada, e prevêem a indemnização ao cliente pelo não cumprimento das mesmas, esta situação alterou-se profundamente. Neste novo cenário, o incumprimento dos níveis de qualidade acordados, além de continuar a representar quebras de receita de forma directa para as distribuidoras, pode implicar também indemnizações aos clientes pelos prejuízos causados nas suas instalações e processos, reflectindo-se assim a qualidade não fornecida num maior agravamento dos resultados da exploração. Por estas razões, as empresas envolvidas na P&T&D vêem-se hoje, mais do que nunca, obrigadas a realizar estudos profundos sobre os pontos críticos dos seus sistemas, e a agir preventivamente na sua melhoria, com vista a minimizar o impacto dos defeitos na sua actividade global ([Sullivan, 1995], página 989).

Custos da não qualidade para os clientes

Quando se procuram respostas quantificadas para os custos da não qualidade da energia eléctrica para o lado dos clientes, as estimativas que se encontram caracterizam-se pelo denominador comum de apresentarem uma grande dispersão, serem muito elevadas, e transmitirem uma ideia generalizada de pouca exactidão; além de não especificarem devidamente o que integram. No nosso entender, estes factos podem dever-se, em parte, a uma cultura de pouco rigor na contabilização dos custos da não qualidade, de um modo genérico, e a dificuldades concretas em quantificar, de forma rigorosa e abrangente, as consequências directas e indirectas resultantes do mau funcionamento, ou da paragem acidental, de uma dada instalação ou processo, devido a problemas na qualidade da energia eléctrica que a alimenta. Essa dispersão pode ser comprovada pela análise dos resultados divulgados a que tivemos acesso:

- Em 1991 a revista *Business Week* publicava um estudo que apresentava uma estimativa de 26.000 milhões de USD para os "PQ Costs" suportados anualmente pela economia americana;
- Em 1994 o *EPRI* publicava um outro estudo onde o valor estimado para os mesmos era de 400.000 milhões de USD;
- Em 1995, o *Departamento da Energia dos EUA* (DOE) estimava que os "PQ Costs" anuais nesta nação eram da ordem dos 150.000 milhões de USD;
- Um estudo mais recente, realizado no primeiro semestre de 2001 pela *E Source*, também nos EUA, ao nível de empresas de processo contínuo, serviços financeiros e processamento

[10] Esta informação foi por nós evidenciada no "terreno", tanto a partir dos quadros da distribuidora que manifestavam que um micro-corte não constituía um defeito na qualidade da energia, pois o fornecimento não era interrompido, como pelos clientes, que se queixavam que um micro-corte provoca a paragem dos seus processos e não era contudo assumido pela distribuidora como um problema grave.

de alimentos e bebidas, identificou que os *"PQ Costs"* anuais médios para estes sectores se situavam entre os 60.000 USD e os 80.000 USD por instalação;

- Na União Europeia, e de acordo com o primeiro estudo conhecido e divulgado, a estimativa dos *"PQ Costs"* é da ordem dos 23.000 a 30.000 milhões de Euros [Chapman, 2001].

Segundo Peter Taylor ([Taylor, 2001], página 1), a partir de valores com esta natureza podemos antes de mais concluir que os custos atribuíveis aos problemas relacionados com a qualidade da energia eléctrica são efectivamente muito elevados, e contudo não foram até hoje abordados de uma forma abrangente, profunda e rigorosa.

A Tabela 2.5 apresenta alguns exemplos elucidativos, divulgados para certos sectores considerados mais críticos para com a qualidade da energia eléctrica na actualidade.

Tabela 2.5 - Estimativas dos custos provocados por uma hora de interrupção em alguns dos sectores mais críticos (valores em USD).

Actividade económica	Custo da interrupção
Operações na bolsa	6.480.000
Operações com cartões de crédito	2.580.000
Fábrica de semicondutores	2.000.000
Sistema de reservas aéreas	90.000
Suporte sistema telefónico fixo	72.000
Central de comunicações móveis (GSM)	41.000

Fonte: Resource Dynamics Corporation (apresentado na *Conferência PQ 2000 - Boston*).

A Tabela 2.6 apresenta ainda os resultados de um estudo realizado através da Internet, pela Revista *"Power Quality Assurance Magazine"*, durante o mês de Janeiro de 2001, com base num universo de 1444 respostas facultadas pelos utentes do site *http://www.powerquality.com*, que é composto sobretudo por especialistas, consultores e pessoas de todo o mundo, ligadas aos sectores mais sensíveis para com a actualidade da energia eléctrica.

Tabela 2.6 - Distribuição dos "PQ Costs" por unidade industrial.

Questão colocada: Qual é o custo anual provocado pelos problemas com a qualidade da energia eléctrica na sua instalação?

Intervalo de resposta (valores em USD)	Respostas %
< 5.000	27
5.000 a 9.999	22
10.000 a 24.999	25
25.000 a 50.000	9
50.000 a 100.000	4
> 100.000	13

Fonte: Power Quality Study on-line (*Power Quality Assurance Magazine*).

Ainda no âmbito dos "PQ Costs", terminamos esta subsecção com uma referência ao estudo mais recente do EPRI, apresentado em Julho de 2001 por Clark Gellings [Gellings, 2001]. Este incidiu sobre um universo de 985 empresas, responsáveis por aproximadamente 40% do PIB americano, pertencentes aos seguintes sectores:

- Empresas de suporte à economia digital,
- Indústrias de processo contínuo e
- Sector dos serviços essenciais.

As principais conclusões obtidas são as seguintes:

1. As interrupções de curta duração e as flutuações nos níveis de tensão (cavas e sobretensões) constituem os problemas mais frequentes no sistema de distribuição de energia dos EUA e custam à economia americana cerca de 188.000 milhões de USD por ano;
2. Desse custo global, cerca de 87% – 163.000 milhões de USD – são da responsabilidade das interrupções *("Power Reliability")* e 13% – 25.000 milhões de USD – da responsabilidade das flutuações nos níveis de tensão *("Power Quality")*;
3. A economia digital constitui a área mais sensível às perturbações, mas é em 2001 o sector que apresenta os menores custos por instalação e por perturbação. Devido à sua elevada vulnerabilidade, as empresas deste sector investem há algum tempo preventivamente em tecnologias que lhes permitem proteger-se contra as perturbações actualmente mais frequentes e lidam com o problema sem grande dificuldade;
4. Segundo Gellings, actualmente cerca de metade do custo de edificação de novas instalações para albergar empresas de suporte à economia digital *("Internet Farms"* e *"Data Hotels")* é despendido em equipamentos e tecnologias para garantir os índices de qualidade e fiabilidade da energia que estas aplicações requerem;
5. Em contraste, muitas empresas de sectores tradicionais, hoje também muito vulneráveis devido ao elevado nível de automatização e de tecnologias de processamento de informação que integram, nem sempre consideram devidamente os aspectos da qualidade e fiabilidade da energia eléctrica disponível e continuam por isso a suportar elevados custos devido às perturbações actualmente mais frequentes.

Os resultados deste estudo colocam ainda uma grande ênfase na necessidade de o *sector de fornecimento de energia eléctrica* trabalhar em conjunto com os *fabricantes de equipamentos* e os *clientes finais*, no sentido de se poder ***maximizar a utilidade que a qualidade da energia eléctrica actual permite atingir***, e de desenvolver abordagens conjuntas e sistemáticas para garantir os requisitos de qualidade exigidos pelas aplicações de maior criticidade.

Relativamente aos custos imputáveis à qualidade da energia eléctrica ("PQ Costs") no nosso país, este assunto integrava um dos grupos de questões em análise no estudo sobre *"O Panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal"* (ver Anexo C), e pudémos constatar que, tal como nas conclusões obtidas por Gellings para os EUA, também em Portugal este tema é bastante descurado pelos industriais. Estes queixam-se das consequências da desadequação da qualidade disponível às suas aplicações, mas, excepto em alguns sectores e empresas

multinacionais com elevado *"know how"*, fazem muito pouco para as minimizar ([Delgado, 2000], página 794).

2.3.4 Acções que têm vindo a ser desenvolvidas para minimizar problemas

Pelo que foi referido anteriormente, podemos assim constatar que existe actualmente uma desadequação entre a qualidade da energia eléctrica que é possível fornecer com os sistemas tradicionais e as necessidades de um número cada vez maior de equipamentos e clientes. Mas, a par com este processo de evolução da exigência, tem constituído uma grande preocupação do sector eléctrico desenvolver estratégias com vista a minimizar os custos decorrentes dessa desadequação e a disponibilizar a melhor qualidade possível, tendo em conta as limitações e os custos associados à implantação de algumas melhorias.

As medidas que têm vindo a ser implementadas com vista a atingir esses objectivos situam-se essencialmente no estabelecimento de normas que regulamentam:

1. O nível mínimo de qualidade do serviço que as redes devem disponibilizar;

2. O grau de imunidade mínima que os receptores devem possuir, para poderem operar com a qualidade disponibilizada pelas redes de T&D, sem comprometer as suas funções;

3. Os níveis máximos de perturbações admissíveis para todo o tipo de cargas e instalações sobre as redes.

Analisaremos em seguida, de forma sucinta, cada uma destas áreas.

1. Nível mínimo de qualidade do serviço que as redes devem disponibilizar

O estabelecimento de normas nesta área pretende definir um patamar mínimo, e realista, de qualidade de serviço que as distribuidoras devem disponibilizar. No sentido de regulamentar estes aspectos, os principais organismos de normalização do sector (IEEE, IEC, UIE, CENELEC, UNIPEDE, ANSI, CIGRE, CIRED, CBEMA/ITIC, SEMI)[11] têm vindo desde há alguns anos a desenvolver directivas com vista à criação de padrões para a qualidade da energia. Entre essas, e com maior interesse no nosso país e contexto, podemos referir a série de normas 61000-x-x do IEC, a norma europeia EN 50.160 que se baseia na curva CBEMA (Figura 2.9), que por sua vez serve de suporte ao Regulamento da Qualidade de Serviço em vigor no nosso país desde 1 de Janeiro de 2001 [RQS, 2000].

Uma forma expressiva de ilustrar o conceito de serviço que as redes devem disponibilizar pode ser dada através da curva de tolerância CBEMA/ITIC definida pela associação de fabricantes de equipamentos eléctricos/electrónicos americana CBEMA (*"Computer Business Equipment Manufacturer's Association"*) com a colaboração do ITIC (*"Information Technology Infrastructure Council"*) (Figura 2.9), que constitui um diagrama hoje utilizado a nível mundial como referência neste contexto.

[11] Lista de normas disponível no site: http://www.PowerStandards.com.

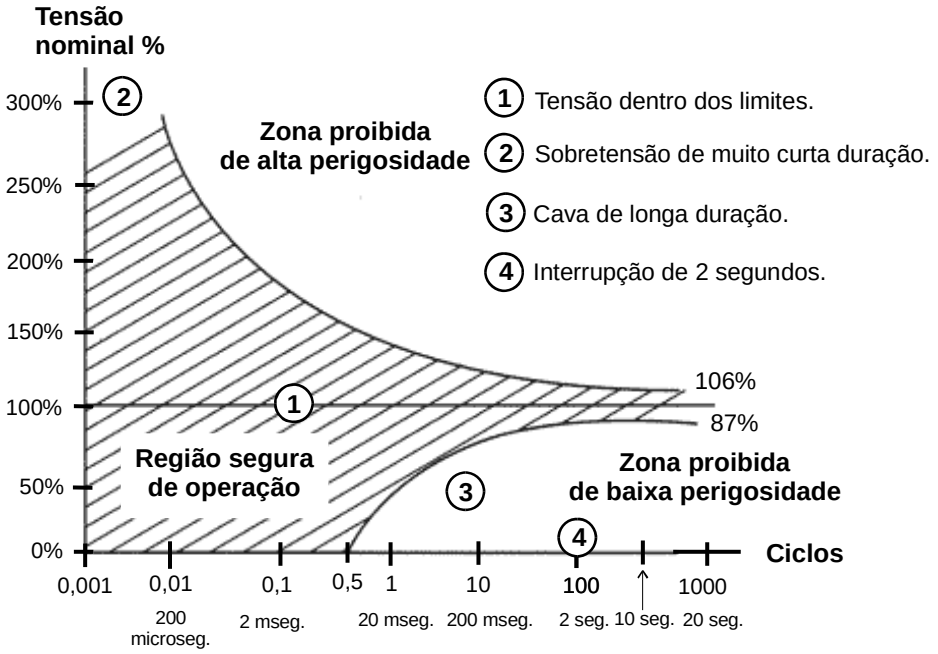


Figura 2.9 - Curva CBEMA/ITIC com as tolerâncias permitidas para a flutuação nos níveis da tensão disponibilizada pelas redes de distribuição.

Assim, na figura anterior representam-se no eixo das abcissas a duração das perturbações (expressas em número de ciclos ou segundos) e no eixo das ordenadas a severidade das perturbações (expressas em valor percentual da tensão nominal).

Podemos constatar pela análise da figura que:

- Em regime permanente (acima de 10 segundos) são permitidas flutuações nos níveis de tensão entre os 87 % e os 106 % do valor nominal. As sobretensões e subtensões são portanto toleradas dentro destes limites;
- À medida que diminuem os tempos das perturbações, constatamos que aumenta a amplitude das flutuações permitidas. Para fenómenos com duração inferior a 0,5 ciclo (aproximadamente 10 milisegundos) são já permitidas interrupções totais de fornecimento ("cavas" com 0 % do valor nominal da tensão, ou micro-cortes), e sobretensões com valores da ordem dos 150 % do valor nominal;
- Concentrando a atenção no lado esquerdo do diagrama, podemos ver que para fenómenos de muito curta duração, da ordem dos 200 microsegundos, são permitidas tanto as micro--interrupções como as sobretensões com valores da ordem dos milhares de Volts (nos sistemas de alimentação em BT), facto este que permite integrar as sobretensões de origem atmosférica.

Pela análise da zona de tolerância (zona a tracejado na figura) podemos muito rapidamente observar quais os fenómenos que ocorrem dentro da zona permitida e com os quais o cliente terá de lidar através dos seus próprios meios; e aqueles que ocorrem fora dessa zona, e que

constituem motivo de reclamação e de pedidos de indemnização à distribuidora. Chamamos ainda a atenção para as duas zonas proibidas do diagrama:

- *A zona proibida de alta perigosidade* (acima da região de tolerância), onde podem ocorrer sobretensões muito elevadas e de longa duração, com efeitos nefastos, tanto ao nível do desempenho das funções dos equipamentos como da sua possível destruição. Adiantamos que a este nível pode agir-se preventivamente instalando supressores de sobretensões com tecnologia de Óxido de Zinco[12] (um domínio tecnológico em grande expansão) aos diferentes níveis de tensão dos sistemas de T&D;
- *A zona proibida de baixa perigosidade* (abaixo da região de tolerância), onde podem ocorrer subtensões (ou cavas) e interrupções de severidade e duração muito diversa e que se reflectem sobretudo ao nível do desempenho dos equipamentos, não constituindo, teoricamente, um risco grave de destruição para a sua maioria. A este nível as novas tecnologias reparadoras e a *"Ride Through Capability"*, referidas no ponto seguinte, desempenham hoje um papel extremamente importante na minimização dos inconvenientes causados pelas perturbações que se situam nesta região.

Para fazer prova do cumprimentos dos índices da qualidade fornecida pela distribuidora, ou recebida pelo cliente, existem hoje disponíveis aparelhos, designados por medidores de qualidade da energia ("Power Quality Meters"), que entre muitas outras funções efectuam o registo de todos os eventos, de acordo com estas curvas de tolerância e a norma EN 50.160. Estes geram de forma automática uma representação da qualidade da energia eléctrica fornecida, idêntica à apresentada na figura 2.7. Estes aparelhos serão analisados na secção 3.7 desta dissertação.

2. Nível de imunidade mínima que os receptores devem possuir

Como vimos no ponto anterior, as normas que regulamentam a qualidade do serviço a disponibilizar pelas redes tradicionais têm em conta as limitações das mesmas e permitem um grande número de perturbações na qualidade da energia eléctrica nos pontos de entrega aos clientes, a fiabilidade com *"três noves"* de que falámos atrás. Como actualmente as aplicações mais críticas não toleram esses defeitos, será então necessário que alguém (o cliente, fabricante do equipamento ou distribuidor) desenvolva estratégias para que os receptores possam operar correctamente com a qualidade disponibilizada pelas redes. Esta capacidade designa-se genericamente na literatura inglesa por *"Ride Through Capability"*, já atrás citada, e consiste no fundo em dotar as cargas e instalações com capacidade para poderem operar em ambientes "agressivos", do ponto de vista das perturbações na qualidade da energia eléctrica, sem comprometerem a sua funcionalidade.

A implementação de medidas preventivas neste domínio pode ainda efectuar-se ao nível da protecção individual de um dado componente crítico, ao nível de um dado receptor, ao nível de uma instalação completa, ou mesmo de um grupo de instalações numa dada região.

[12] Também designados por TVSS (*"Transient Voltage Surge Suppressors"*).

A figura 2.10 pretende ilustrar o conceito das tecnologias *"Ride Through"*, representando o bloco "Tecnologias Reparadoras" o *interface* entre a rede de distribuição e as cargas críticas. As tecnologias que permitem implementar essas funcionalidades serão analisadas em detalhe no Capítulo 3.

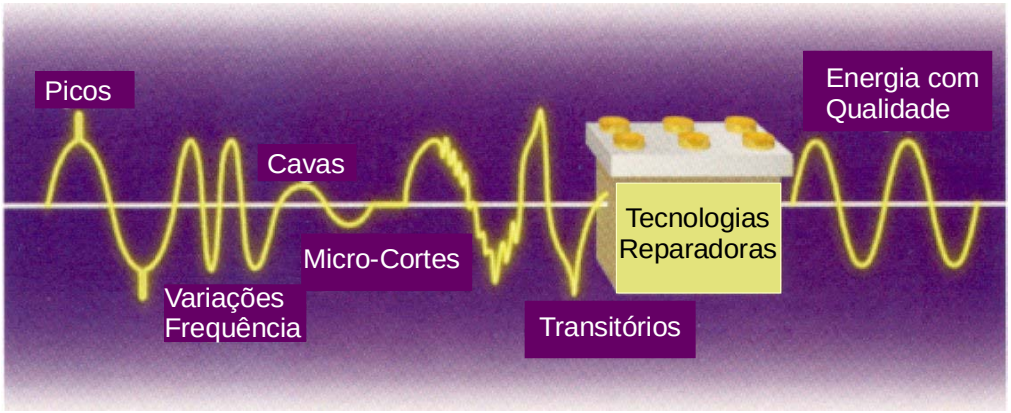


Figura 2.10 - Filosofia de actuação das tecnologias reparadoras.
Adaptado do site da *Energy Storage Association* (http://www.esa.org).

Ainda no âmbito da *imunidade mínima que os receptores devem possuir*, referimos que a curva CBEMA/ITIC, cuja criação se deve às associações de fabricantes de equipamentos, constitui também um referencial para o desempenho dos equipamentos, a ser cumprido pelos fabricantes, no sentido de que estes desenvolvam tecnologias que possam operar sem problemas, desde que a energia disponibilizada pelas distribuidoras cumpra esses requisitos (figura 2.11). Pretende-se assim regulamentar a qualidade da oferta de energia eléctrica e as características de imunidade dos receptores (da procura). Mas a este nível os entendimentos não têm sido fáceis de concretizar pelas seguintes razões:

- De acordo com as opiniões de grande número de especialistas, dotar os equipamentos com a capacidade de resistência às perturbações referidas (implementar a *"Ride Through Capability"*) representa um incremento significativo nos custos e a "pedca de competitividade" em mercados onde os clientes não são obrigados nem estão devidamente sensibilizados para investir adicionalmente nessas características, pelo que esta medida nem sempre é cumprida por muitos fabricantes, porque os seus mercados não o exigem;
- Por outro lado, se não forem os fabricantes a implementar essas capacidades nos seus equipamentos, deixam espaço para novas áreas de negócio (os denominados mercados da *"Power Quality"* e da *"Power Reliability"*), que têm evidenciado as taxas mais elevadas de crescimento de todos os sectores económicos nos últimos tempos, e que os fabricantes também exploram indirectamente;
- Isto para dizer portanto que, não tem existido, por parte de quem tem o poder efectivo para alterar as coisas, vontade para agir de forma mais eficaz, porque isso levaria, no imediato, à perda de competitividade face a outras empresas, e porque o mercado não está ainda suficientemente sensibilizado para isso; e a longo prazo a diminuir as probabilidades de exploração das novas áreas de negócio que têm vindo a emergir para resolver estes problemas.

Decorrente das perspectivas subjacentes às afirmações anteriores, quanto mais problemas houver, mais oportunidades de negócios emergem para a sua resolução, e neste sentido esta área continua mal regulada. Esta posição, apesar de poder ser talvez considerada pouco ética, é assumida pelos "gigantes" do sector, que não se coíbem de a manifestar publicamente.

Como foi atrás referido a respeito dos "PQ Costs" e das conclusões do último estudo do EPRI apresentado por Gellings, só com a participação efectiva das três partes envolvidas e "interessadas", *os clientes*, *os distribuidores* e *os fabricantes de equipamentos*, poderia efectivamente levar-se a efeito um grande incremento na melhoria da actual situação.

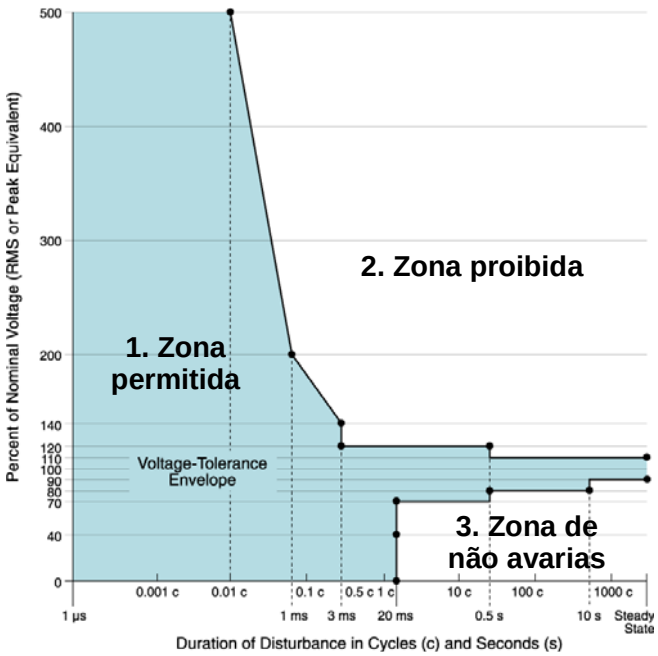


Figura 2.11 - Curva CBEMA/ITIC de tolerância de flutuação nos níveis de tensão, aplicável aos equipamentos monofásicos.
Fonte: Information Technology Industry Council (http://www.itic.org).

3. Perturbação máxima admissível para todo o tipo de cargas

Como referimos na secção 2.2, devido à profunda alteração da natureza das cargas, decorrente da utilização massiva de elementos não lineares, estas são hoje, na sua maioria, extremamente poluentes (emissoras de harmónicos para a rede). Assim, um princípio básico para controlar a evolução da degradação progressiva dos índices de qualidade da onda que se tem vindo a observar nos sistemas de distribuição será o de estabelecer níveis de perturbação máxima admissível para todo o tipo de cargas a ligar ao sistema, agindo preventivamente sobre essas causas.

Os organismos de normalização referidos no ponto 1. têm vindo também nesta área a definir normas com vista a regular a actividade. Entre elas, a norma IEEE 519, em aplicação nos EUA, constitui um bom exemplo, pois especifica os valores máximos para a *Taxa Individual* de cada harmónico, bem como a *Taxa de Distorção Harmónica Total* (THD - "Total Harmonic

Distortion") para as cargas, quer individualmente, quer para a totalidade das instalações e para os pontos de interligação nos sucessivos níveis de tensão dos sistemas de distribuição e transporte.

Para o cumprimento desses limites pelos clientes, há depois dois caminhos possíveis. Um primeiro, de *actuação preventiva*, que consiste em instalar equipamentos e tecnologias com um baixo índice de perturbação (uma especificação de THD dentro dos limites estabelecidos nas normas), medida esta que pressupõe uma sensibilização real para esta problemática, para as suas causas, consequências, custos directos e indirectos daí decorrentes. Um segundo caminho que consiste numa *"terapia curativa"*, onde basicamente são ignorados os problemas na sua origem e se vão depois instalar equipamentos para minimizar *"os sintomas"*. Esta forma de agir assenta na instalação de tecnologias de filtragem (passiva, activa e híbrida) para condicionar os valores dos harmónicos, quer dentro das instalações dos clientes quer os injectados para a rede, para níveis compatíveis com os especificados nas normas. Devido ao estado evidenciado no sector, que foi já referido, este segmento constitui actualmente, dentro das tecnologias da *"Power Quality"*, uma das áreas de negócio com maior crescimento.

É nossa convicção que a forma mais correcta de abordar este problema, está em primeiro lugar, numa formação adequada dos intervenientes nos assuntos relacionados com a qualidade da energia na actualidade, para depois se aplicarem, com rigorosos critérios de custo/benefício, tecnologias de filtragem em sistemas já instalados e que não podem ser substituídos. Em seguida numa política de substituição de equipamento obsoletos por novos, com base em critérios de qualidade da energia, capacidade de sobrevivência a meios "hostis" (para cumprimento da curva CBEMA/ITIC) e eficiência energética.

Nos actuais mercados mais evoluídos, constata-se que os equipamentos são já alvo de projecto muito cuidado, com vista a minimizar o seu nível de perturbação harmónica, e onde tais medidas não são suficientes, os sistemas de filtragem são já integrados ao nível do componente individual, por forma a que cumpram com as normas em vigor nestes domínios nos mercados a que se destinam. Neste campo, tal como no cumprimento das especificações da curva CBEMA/ITIC, os consensos são muito limitados. Este facto pode muito facilmente ser comprovado pela abordagem aos fornecedores de equipamento, em Portugal, onde a sua maioria desconhece ainda o significado da expressão *Poluição Harmónica* [13].

Um outro aspecto importante neste domínio, e indutor de grandes mudanças no mercado, é o da Poluição Harmónica injectada na rede por um dado cliente passar a ser facturada, tal como o é hoje a energia reactiva. Esta medida implica que, de forma natural, o mercado passe a ser mais exigente face a equipamentos com menores taxas de THD e na instalação, imposta por critérios de racionalidade económica de sistemas de filtragem. Este aspecto, à medida que for progredindo o processo de liberalização e a montagem de aparelhagem de medida com capacidades mais evoluídas (os denominados *"Power Quality Meters"*, já referidos) torna-se mais fácil de abordar.

[13] Este facto foi por nós amplamente comprovado, abordando representantes comerciais em feiras nacionais, e é referido com ênfase nas conclusões do estudo sobre *"O panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal"* [Delgado, 2000].

2.4 A situação do sector eléctrico em Portugal

Para uma análise muito sucinta sobre a situação do sector eléctrico no nosso país, analisamos esta segundo as seguintes perspectivas:

1. Nível global da tecnologia e criticidade das aplicações;

2. Cobertura do sector eléctrico e qualidade de serviço disponibilizada;

3. Crescimento do sector;

4. Conhecimento dos clientes sobre as novas realidades do sector eléctrico.

Como suporte das afirmações efectuadas utilizamos alguns dos resultados captados com o estudo já citado sobre *"O Panorama da Qualidade da energia eléctrica em Portugal"* [Delgado, 2000], apresentado no Anexo C.

1. Nível global da tecnologia e criticidade das aplicações

No nosso país, com excepção de um pequeno número de sectores de reduzida dimensão e de mão de obra intensiva, os níveis de automatização dos processos industriais e dos serviços, integram hoje maioritariamente alta tecnologia importada e estão muito próximos dos níveis tecnológicos observados em países mais desenvolvidos, como EUA, Alemanha, França, Itália, Inglaterra, etc. Assim, os níveis de criticidade e de exigência de energia eléctrica com alta qualidade e fiabilidade, são também hoje em Portugal praticamente os mesmos que nesses países.

2. Cobertura do sector eléctrico e qualidade de serviço disponibilizada

Ao nível da cobertura do sector, este abrange hoje todo o território nacional, tendo-se concluído na década de 80 a designada *"electrificação em superfície"*. Contudo, a qualidade de serviço disponibilizada apresenta grandes variações entre as regiões interiores (com baixos consumos) e as regiões industrializadas, localizadas sobretudo no litoral. Os fortes movimentos demográficos para as zonas urbanas, registados nas últimas décadas, têm também causado alguns problemas às distribuidoras na adaptação das infra-estruturas ao aumento de procura na periferia de muitos centros urbanos. A exploração das redes em zonas rurais, por representarem volumes de facturação cada vez menores e por se situarem distantes dos CP, constituem alvos pouco apetecíveis para a realização de investimentos em melhorias. A par de todos estes fenómenos, e uma vez concluída a electrificação em superfície, constituiria a prioridade seguinte das distribuidoras a melhoria contínua das infra-estruturas de modo a permitir uma melhoria gradual da qualidade do serviço, a designada *"electrificação em profundidade"*. Mas, devido ao período conturbado e de grande incerteza que se tem vivido no sector, com reestruturações, privatizações, aquisição de algumas funções por parte de grupos estrangeiros e alteração das regras básicas que o regularam durante muitos anos, este processo tem sido muito lento e não regular. Em vez de encaminhar investimentos para esta área, a empresa ainda detentora de grande parte do Sistema Eléctrico Público (SEP), a EDP, SA, à semelhança do seguido por

congéneres a nível mundial, tem apostado em diversificar as suas actividades para outros países e sectores, como o das telecomunicações e o das águas.

3. Crescimento do sector

Os índices de crescimento do consumo de energia eléctrica em Portugal, no período de 1997 a 2000, são da ordem dos 5,8%[14] ao ano, o que tem exigido um grande esforço na instalação de capacidade de geração adicional e reforço do sistema de T&D para suportar este aumento da procura. O aumento da capacidade de produção tem sido realizado sobretudo à custa da proliferação de:

- Unidades de Geração Distribuída (GD) com co-geração, por parte de muitas indústrias,
- Instalação de grandes Centrais de Ciclo Combinado (CCC) alimentadas a gás natural (como a Central da Tapada do Outeiro, Central da Soporcel, Central da INAPA e Nova Central do Carregado…),
- Novas centrais a carvão, como a Central do Pego e
- Novos empreendimentos hidroeléctricos, como o Alqueva e outros de menores dimensões.

Tem-se vindo também a assistir a uma grande aposta nas energias renováveis, especialmente na eólica e na solar fotovoltaica.

Para fazer face ao aumento previsto da procura, os objectivos da política energética nacional, transcritos no *Programa E4 - Eficiência Energética e Energias Endógenas* [DGE_E4, 2002], são os de até 2010, duplicar a potência das mini-hídricas, multiplicar por 25 a potência dos parques eólicos, investir em tecnologias que garantam segurança no abastecimento, competitividade e qualidade ambiental, de modo a que nessa altura, 39% das necessidades nacionais de energia eléctrica sejam satisfeitas com fontes renováveis.

4. Conhecimento dos clientes sobre as novas realidades do sector eléctrico

Este tema constitui uma das áreas mais problemáticas no âmbito do sector eléctrico nacional. De acordo com as conclusões obtidas com o estudo preliminar já referido, apesar da criticidade da nossa indústria para com os índices de qualidade da energia eléctrica e de esta constituir um factor determinante para a competitividade, grande parte dos industriais portugueses e os responsáveis directos pela exploração das instalações eléctricas – mesmo ao nível das empresas de alta tecnologia inquiridas no estudo – demonstram possuir um nível de conhecimento insuficiente nos domínios mais sensíveis, que os impossibilita de poderem delinear estratégias e acções preventivas eficazes com vista à minimização dos custos relacionados com as interrupções e as perturbações na qualidade da energia eléctrica e de conseguir, por essa via, melhores índices de produtividade para a indústria nacional.

[14] Consumo em 1997 = 28.687 GWh, em 1998 = 30.363 GWh, 1999 = 32.280 GWh e 2000 = 34.176 GWh (aumento do consumo de 1997 a 2000 de 19,1%). Fonte: EDP, Dezembro de 2001.

2.5 O trabalho de campo

Em face do descrito no Capítulo 1 e nas secções anteriores deste capítulo, imediatamente se constata a relevância, cada vez maior, que o sector eléctrico possui, para a manutenção dos níveis de qualidade, conforto e produtividade, fundamentais para o normal e bom funcionamento de qualquer economia no actual contexto de globalização. Assim, no Capítulo 3 será apresentado um estudo detalhado sobre o estado da arte nas novas tecnologias ao serviço da qualidade da energia eléctrica, cujo conteúdo constituirá o suporte para o fornecimento de soluções para alguns dos problemas evidenciados com o trabalho de campo efectuado.

Nos Capítulo 4 e 5 descreveremos as metodologias e a aplicação de ferramentas evoluídas de gestão da qualidade, a fim de identificarmos com o maior rigor e profundidade possível quais as necessidades dos clientes, indo ao seu encontro, utilizando ferramentas modernas e com provas de grande sucesso dadas noutros sectores.

O principal objectivo do trabalho de campo é o de encontrar soluções *concretas*, *exequíveis* e *eficazes* que permitam conduzir a uma melhoria da qualidade da energia eléctrica disponibilizada, e à maximização da utilidade que a qualidade atingível permite alcançar.

3

Novas tecnologias ao serviço da qualidade da energia eléctrica

Resumo

Neste capítulo apresenta-se uma síntese da pesquisa efectuada sobre o estado da arte nos domínios tecnológicos, actualmente mais dinâmicos, relacionados com a qualidade da energia eléctrica. São descritas as tecnologias e tendências de evolução nas seguintes áreas: 1. dispositivos electrónicos de estado sólido responsáveis pelo consumo da energia, 2. novas filosofias e tecnologias de geração distribuída, 3. novas tecnologias de armazenamento de energia, 4. utilização do transporte de energia em corrente contínua, 5. novos materiais utilizados com vista à diminuição de perdas e aumento da fiabilidade dos sistemas eléctricos e 6. avanços mais recentes no domínio das novas tecnologias de monitorização, telemedida e controlo.

Para a sua redacção, além dos elementos retirados das referências citadas ao longo do texto, contribuíram também a participação em alguns dos mais importantes eventos mundiais relacionados com a qualidade da energia eléctrica, nomeadamente, o "Power Systems World" dos anos de 1999 e 2000 (conferências e exposições da "Power Quality", "Power Value" e "PCIM-Power Electronic Systems") e a conferência da União Internacional da Energia - U.I.E. 2000.

3.1 Introdução

Como foi já referido nesta dissertação, a necessidade de energia eléctrica com cada vez maior qualidade e fiabilidade por parte de todo tipo de cargas, e muito em especial pelas indústrias de processo contínuo e dos serviços que suportam a economia digital, tem levado à procura crescente de *electricidade com "qualidade digital"*. Este facto tem obrigado o sector eléctrico à implementação de grandes medidas, com vista à minimização dos custos decorrentes da desadequação entre a qualidade de serviço que tem sido possível fornecer com os sistemas tradicionais e as necessidades efectivas das novas aplicações (os denominados *"Power Quality Costs"*). Como referimos também no Capítulo 1, a dependência excessiva da sociedade actual face aos combustíveis fósseis, esgotáveis, e as crescentes preocupações com os impactos

ambientais das tecnologias de geração de electricidade, têm levado o homem a procurar incessantemente fontes de energia alternativas. Neste âmbito, a utilização da *energia nuclear*, desenvolvida na segunda metade do século XX, veio trazer alguma esperança, mas os problemas associados aos seus resíduos tornam-na numa opção altamente controversa. Sendo no entanto esta fonte apontada, por alguns especialistas, como a tecnologia actualmente melhor posicionada para dar uma resposta duradoura aos crescentes níveis de procura, e por outro atender a outros importantes condicionalismos envolvidos, como sejam, a necessidade de contenção ou mesmo redução de custos[15] imposta pela liberalização, a crescente dificuldade que se prevê venha a existir para ter acesso aos combustíveis fósseis ([Duncan, 2000], página 5) – apesar da descoberta sucessiva de novos jazigos – e as imposições decorrentes da necessidade de cumprimento dos acordos internacionais de redução de emissões [Adams, 2000]. As fontes limpas como a solar, eólica, hídrica ou maremotriz, apesar de possuírem um grande potencial, na opinião de alguns especialistas com quem tivemos a oportunidade de dialogar sobre este assuntos, para os actuais valores de consumo atingidos, muito dificilmente poderão constituir uma alternativa eficaz aos combustíveis fósseis. De acordo com afirmações efectuadas por T. Howard no seu livro editado em 1996, baseadas em estimativas relativas ao ano de 1993, o consumo energético nos EUA era cerca de 100 vezes superior à absorção da energia proveniente da radiação solar incidente em todo o seu território ([Howard, 1996], página 187). A *fusão nuclear*, essa forma fantástica de transformar matéria em energia, levará ainda algumas décadas a ser conseguida de forma controlada e rentável, se é que algum dia o venha a ser. Mas, nem tudo são notícias menos boas neste campo; para fazer face às crescentes exigências de maior capacidade, qualidade e fiabilidade, e minimizar os problemas actuais no domínio da qualidade da energia eléctrica, têm vindo a ser delineadas e implementadas estratégias que se situam basicamente nos seguintes níveis:

1º. Melhoria contínua das infra-estruturas existentes: Aposta na melhoria contínua das infra-estruturas dos sistemas tradicionais, instaladas ao nível das nações e continentes, implementadas com base numa filosofia de funcionamento centralizada. Esta assenta essencialmente no reforço e modernização/adaptação das tecnologias às novas realidades e exigências do sector.

2º. Desenvolvimento de estratégias inovadoras: Medida que aposta num conjunto de novas filosofias de funcionamento e áreas tecnológicas que permitam concretizar *grandes saltos qualitativos* com vista à resolução dos inúmeros problemas que se colocam ao sector na actualidade.

Desenvolveremos em seguida, de forma sucinta, as principais opções em cada um destes grandes domínios de intervenção.

[15] A título de exemplo citam-se os custos médios de produção de 1 kWh de electricidade com duas tecnologias actualmente em exploração: - 4 cêntimos de dólar para uma *Central de Ciclo Combinado* e - 2,3 cêntimos de dólar para uma *Central Nuclear* [Adams, 2000].

Domínio 1: Melhoria contínua das infra-estruturas existentes

Segundo a opinião de Stahlkopf, da EPRI [Stahlkopf, 2001], partilhada por um grande números de especialistas, as áreas prioritárias de intervenção nos sistemas tradicionais são as seguintes:

1. Preparar as linhas de T&D para suportar a maior capacidade e melhor fiabilidade que lhes é hoje exigida (reforçar e modernizar);
2. Determinar como é que a capacidade de geração distribuída (GD), já no terreno, pode ser devidamente integrada nos sistemas tradicionais de produção, de modo a melhorar a fiabilidade e minimizar os custos globais de exploração;
3. Dotar os equipamentos críticos com um nível de protecção individual que lhes permita resistir a algumas das falhas mais frequentes da qualidade da energia na actualidade.

Domínio 2: Desenvolvimento de estratégias inovadoras

Em face da desadequação entre a qualidade e fiabilidade que é hoje possível fornecer com os sistemas centralizados tradicionais (limitada por razões intrínsecas dos mesmos) e a qualidade que é exigida pelas aplicações mais críticas, as *estratégias inovadoras* que têm vindo a ser desenvolvidas assentam sobretudo na:

1. *Geração local* (ou distribuída) de energia eléctrica (com múltiplos fins) junto dos locais onde é consumida, com base em novos princípios e tecnologias de produção, permitindo superar alguns condicionamentos dos sistemas de fornecimento tradicionais;
2. Utilização de novas tecnologias, que permitam o *armazenamento de energia eléctrica* ao nível dos componentes, das cargas, das instalações individuais e mesmo de grande grupos de instalações, traduzindo-se esta medida na capacidade dos equipamentos apresentarem uma elevada imunidade aos fenómenos adversos, sem comprometerem o desempenho das suas funções.

Além destas características, as estratégias inovadoras contribuem ainda para a implementação de outras áreas, extremamente importantes na actualidade, como sejam a diversificação das fontes de energia primárias, a redução dos impactos ambientais associados às tecnologias de geração, a melhoria da eficiência energética global dos sistemas e outras, analisadas ao longo deste capítulo.

Dadas as repercussões que algumas das tecnologias que vamos analisar estão a causar no funcionamento da sociedade, referiremos ainda, onde tal for oportuno, qual o seu papel em aplicações fora do âmbito do sector eléctrico tradicional, como sejam por exemplo, o sector dos transportes, e em aplicações portáteis de pequenas dimensões. Sem esquecer nunca que, no âmbito deste trabalho, nos interessa sobretudo realçar o seu contributo na melhoria dos níveis de qualidade e fiabilidade da energia eléctrica.

3.2 Evolução nas tecnologias dos componentes electrónicos de estado sólido

Como referimos no Capítulo 1, os grandes avanços tecnológicos decorrentes da descoberta do transistor e da utilização intensiva das tecnologias de informação, ocorridos durante as últimas décadas, conduziram a uma profunda alteração da natureza das cargas que hoje consomem a electricidade. Assim, na panóplia de toda a aparelhagem eléctrica actual, predominam as unidades de conversão de potência (baseadas em componentes electrónicos de estado sólido não lineares, como díodos, tirístores, triacs, transístores, IGBT, etc. que constituem os reais *interfaces* com as redes. Neste contexto, podemos considerar que, para a grande maioria das cargas, a electricidade flui para um dos seguintes grandes grupos de dispositivos:

1. *Fontes de Alimentação Comutadas (FAC),* que são constituídas por rectificadores ou conversores AC/DC e estão hoje instaladas em praticamente tudo o que é dispositivo eléctrico e electrónico, cada vez mais responsáveis por maiores consumos de energia. Citamos neste domínio um exemplo particular, mas muito expressivo, relativo ao grande aumento do consumo provocado pela proliferação massiva de novas tecnologias de suporte à economia digital (os computadores e todas as tecnologias que utilizam microprocessadores), ironicamente analisados num artigo de Peter Huber, publicado na *Revista Forbes*, com o título *"Dig more coal the PC´s are coming"* [Huber, 1999], onde o autor analisa o contributo dramático destas cargas no aumento do consumo mundial de electricidade, apresentando valores perfeitamente deslumbrantes[16];
2. *Variadores Electrónicos de Velocidade (VEV)* tanto para accionamento em AC como em DC (que integram tecnologia de conversão – rectificadores e inversores – de AC/DC/AC ou AC/DC) e que são os responsáveis directos pelo consumo de uma grande parte de toda a electricidade hoje produzida, devido às suas características e vantagens nos modernos sistemas de accionamento variável, com alta fiabilidade e eficiência;
3. *Conversores de Potência de DC/AC* também designados por inversores, utilizados nos VEV, já referidos, e cada vez mais em todas as tecnologias de geração distribuída e UPS, onde desempenham um papel fundamental na adaptação das tecnologias actualmente em maior expansão – analisadas na secção 3.3 e 3.4 – para transformar a tensão DC, gerada ou armazenada internamente, em AC, podendo assim adaptá-las às características normalizadas e ainda predominantes das redes (sistemas trifásicos com 400 V, 50 Hz).

Decorrente desta situação, as maiores evoluções tecnológicas a que se tem vindo a assistir nos últimos anos visam a optimização dos três grupos de dispositivos acima referidos pois, como referimos, são eles os responsáveis directos pelo consumo de uma grande percentagem da

[16] Segundo Huber, a era digital está a tornar-se extremamente intensiva no consumo de energia. Para criar, armazenar e mover 4 Mbytes de dados, é necessário o consumo de 1 kg de carvão. O tráfego na Internet duplica de três em três meses. Dos 7% de aumento anual do consumo de electricidade, cerca de metade é atribuído ao crescimento do universo de microprocessadores. A Intel estima que dentro de pouco tempo podemos ter no planeta 1 bilião de máquinas permanentemente ligadas à Web, representando esse facto um consumo de electricidade igual ao da capacidade de produção actual dos EUA. Os futuristas prometeram-nos auto-estradas da informação e linhas de fibra óptica, não vagões carregados de carvão e linhas de transmissão de 600 kV para alimentar os PC. Estamos a tê--los a ambos! [Huber, 1999].

electricidade actualmente produzida, pelo que melhorias no seu desempenho e eficiência representam enormes economias e vantagens múltiplas.

Assim, as acções em curso no domínio da tecnologia dos componentes electrónicos, podem, de um modo genérico, sintetizar-se nos seguintes vectores:

1. Desenvolvimento de componentes de electrónica de potência com alta eficiência energética;
2. Desenvolvimento de novas classes de dispositivos, com *menor emissão de ruído* (menos poluidores) e capacidade para cumprirem, ao nível do componente individual, as normas de compatibilidade electromagnética e suportarem as máximas perturbações introduzidas nas redes que os alimentam (nomeadamente ao nível da minimização da *Taxa de Distorção Harmónica Total – THD "Total Harmonic Distortion"* – e de correcção do factor de potência);
3. Grande preocupação colocada ao nível do projecto de sistemas mais robustos, que enderecem em simultâneo os vectores 1. e 2. anteriores, e proporcionem uma maior robustez às perturbações mais comuns nas redes que os alimentam [Langley, 1999];
4. No âmbito das medidas implementadas no ponto 3. anterior, pode referir-se a topologia dos novos conversores AC/DC, baseados na utilização de pontes rectificadoras com tirístores (em vez dos tradicionais díodos), para utilização em *FAC* e *VEV*, possuindo desse modo estes dispositivos características para reduzir os efeitos de distorção harmónica da corrente e tensão (THD) nas redes que as alimentam e **suportar o fluxo bidireccional de energia** de e para os receptores (propriedade esta com elevado interesse em muitas aplicações, como por exemplo nos sistemas de accionamento de elevadores, permitindo uma variação contínua da velocidade e uma maior eficiência energética);
5. Transição gradual para a *geração*, *transporte*, *distribuição* e *utilização* de energia em corrente contínua (DC), à medida que proliferam as unidades de GD e as cargas com *interface* constituído por electrónica de potência (sendo este tema analisado em detalhe na secção 3.5).

De entre as muitas acções em curso nestes domínios, destacamos duas das que consideramos mais relevantes da dinâmica nesta área: *(i)* tendências actualmente verificadas na *tecnologia dos VEV* com o projecto *UNIDRIVE* e *(ii)* inovações introduzidas na *tecnologia dos inversores*.

(i) O projecto UNIDRIVE

A tecnologia dos VEV caracteriza-se actualmente por uma grande diversidade de sistemas proprietário de cada fabricante, com características que os tornam numa tecnologia dispendiosa e nem sempre devidamente adequada às novas exigências do mercado.

O projecto UNIDRIVE pretende essencialmente introduzir medidas que levem à simplificação da arquitectura desta tecnologia e à introdução de normalização, com base na sua (re)concepção segundo uma estrutura constituída essencialmente por três módulos principais: *(1) módulo de controlo*, *(2) módulo de potência* e *(3) módulo de interface e de programação*.

O *módulo de controlo* (integra as mais modernas tecnologias no domínio do processamento de informação, baseado em tecnologias RISC e ASIC), deve ser universal para todos os VEV e suportar os quatro tipos de controlo mais utilizados, através da sua parametrização pelo fabricante *(1. "Open Loop Inverter", 2. "Open Loop Vector Drive", 3. "Closed Loop Flux Vector"*, e *4. "Brushless Servo-Permanente Magnet AC").*

O *módulo de potência* (responsável pelo trânsito de potência e conversão de energia de AC/DC e de DC/AC) deve ser baseado numa estrutura modular, adaptável a qualquer potência, podendo expandir-se através da adição de módulos com as características descritas no tópico *(ii)* seguinte, onde analisaremos as tendências de evolução na tecnologia dos inversores.

O *módulo de programação* deve possuir características de *interface* e de programação simplificadas e universais.

Espera-se que com a adopção destas medidas se possam vir a obter reduções muito significativas nos custos de desenvolvimento e de produção, devido às economias de escala, redução do número de componentes (estimada em cerca 50% do valor actual), fabrico totalmente automatizado em linhas robotizadas, grande simplificação na permutabilidade de sistemas, simplificação nas tarefas de manutenção e reparação, e definição de *interfaces* de programação universais mais amigáveis.

Apesar desta ideia não constituir ainda um *"standard"* universalmente aceite, ela encontra-se no bom caminho para adopção por parte dos principais fabricantes mundiais [Adler, 2000].

(ii) Tendências de evolução nos inversores

Como vamos poder analisar nas secções 3.3 e 3.4, a tecnologia dos inversores desempenha hoje um papel fundamental, tanto nos VEV, já referidos, como em toda a nova classe de unidades de geração de alta fiabilidade, fontes de alimentação ininterrupta (UPS) com e sem baterias, novas fontes de energia renováveis, etc.

Os componentes utilizados até há alguns anos nas pontes inversoras eram tradicionalmente os tirístores, que foram substituídos por uma nova classe de dispositivos, designados por IGBT *("Insulated Gate Bipolar Transistors").* Esta nova classe de dispositivos caracteriza-se essencialmente por uma alta eficiência energética, da ordem dos 98% [Yurek, 2001], permitindo maiores densidades de potência, logo sistemas mais compactos, e menor necessidade de dissipação de calor e uma velocidade de comutação (corte/condução) extremamente elevada. Estas propriedades, associadas às tecnologias actuais de processamento de informação, também muito rápidas, e através de sistemas de PWM *("Pulse With Modulation"),* e outros, permitem produzir tensões alternadas monofásicas ou trifásicas praticamente sinusoidais (com valores muito baixos de THD) [Eisenhaure, 2000]. Para além destas funções, a tecnologia dos IGBT constitui hoje a base de uma grande diversidade de equipamentos desenvolvidos para reparar a qualidade da onda de tensão, quando algum tipo de perturbação é detectada pelo módulo de controlo desses equipamentos, através da injecção de energia nas fases onde é detectado o defeito. São disso exemplos os DVR *("Dynamic Voltage Restorers")* [ABB, 2001] ou os AVC *("Active Voltage Conditioners")* [Penny, 2000]. É também esta tecnologia que permite actualmente a implementação de sistemas de alta eficiência para "filtragem" activa de harmónicos.

No contexto da evolução deste domínio tecnológico, que é hoje comum a todas as empresas que actuam nesta área, cita-se um exemplo concreto, mas exemplificativo dessa dinâmica, que é o da *American Superconductor*™. Este fabricante desenvolveu uma linha de inversores trifásicos de alta eficiência, com uma filosofia modular, para adaptação dos seus sistemas de armazenamento de energia em bobinas supercondutoras - SMES *("Superconducting Magnetic Energy Storage Systems")*, às redes tradicionais (analisadas na secção 3.4.1).

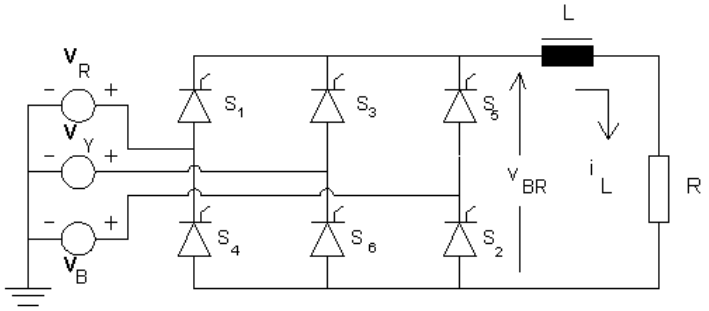


Figura 3.1 - Representação de uma ponte inversora para transformação de tensão DC em AC. Fonte: (http://www.simplorer.com/english/3phase_inverter.htm).

A unidade de base desenvolvida por este fabricante é constituída por um módulo com uma capacidade de 125 kW (Power Module™ 125). Para alimentar uma carga de 125 kW a ponte inversora é constituída por 6 desses módulos (integrados em cada um dos seus braços, S_1 a S_6 (figura 3.1). Quando se necessita de alimentar potências superiores, o módulo de controlo e de programação do inversor são os mesmos, e apenas são adicionados módulos de potência, em paralelo aos já existentes, que recebem o mesmo sinal de controlo, através de um sistema de transmissão de informação por fibra óptica [Yurek, 2001].

Além da aplicação para as SMES, esta tecnologia tem também como alvos as células de combustível, as turbinas eólicas, os painéis solares fotovoltaicos, as microturbinas, as *"flywheels"*, a mini-hídricas e todas as unidades de geração distribuída modernas (analisadas na secção 3.3).

3.3 Evolução das tecnologias de geração local ou distribuída

Enquanto que os sistemas de geração centralizada continuam fundamentais para a alimentação geral, a sua flexibilidade e capacidade de adaptação às rápidas alterações do mercado são bastante limitadas. Estes assentam em grandes CP e redes de T&D para levar a energia aos clientes, requerendo estas infra-estruturas investimentos muito significativos em recursos financeiros e tempo, para a sua instalação ou para expandir a sua capacidade. A geração local ou distribuída (GD) consiste basicamente na instalação de capacidade de geração de energia eléctrica, com potências relativamente baixas, nas instalações dos clientes ou na sua proximidade, para dar resposta a necessidades específicas destas.

As principais razões para a grande expansão que se verifica actualmente nestas tecnologias são as seguintes:

1. Geração permanente de electricidade com alta qualidade e fiabilidade ("baseload"): a existência de energia com elevada qualidade e fiabilidade constitui actualmente um *requisito imprescindível* para muitos processos, impossível de atingir com os sistemas centralizados. O facto de a electricidade ser produzida localmente permite suprir grande parte das perturbações a que estão sujeitas as linhas de T&D;

2. Geração de emergência ("stand-by"): para activação no caso de cortes longos, onde existam aplicações com um nível médio de criticidade;

3. Produção combinada de electricidade e calor (CHP - "Combined Heat and Power") ou electricidade, calor e frio (CHPC - Combined Heat, Power and Cold") - Trigeração: as necessidades simultâneas de poder dispor de energia eléctrica com elevada qualidade, de calor (e de frio, se for necessário), constituem algumas das razões para a instalação de GD. Esta alternativa apresenta para as aplicações de CHPC ou CHP vantagens que se traduzem numa melhoria da fiabilidade (com a eliminação dos custos associados às interrupções) e no aumento da eficiência, através de uma redução de custos com as fontes de energia primárias;

4. Gestão dos consumos nos períodos de ponta ("peak shaving"): sistemas que permitem gerir melhor o consumo de energia eléctrica, produzindo internamente electricidade quando o preço é mais elevado ou na eminência de exceder a potência contratada;

5. Zonas remotas: produção de energia em locais remotos, de utilização temporária ou onde não está acessível, ou apresenta custos proibitivos, uma ligação ao sistema de distribuição tradicional;

6. Aproveitamento de subprodutos: produção de electricidade utilizando subprodutos dos processos, ou outros, que seriam desperdiçados (como por exemplo o metano produzido em lixeiras ou explorações agrícolas, gases provenientes da indústria petrolífera ou da extracção de carvão, ou ainda resíduos de materiais lenhosos e biomassa na indústria de madeiras [Baker, 1999]);

7. Aumento constante da procura de electricidade: os factores combinados do aumento constante dos consumos e da maior exigência de qualidade pelos clientes, têm levado a que em muitas regiões do planeta estes níveis se tenham vindo a degradar ou a ficar desadequados face às novas necessidades, criando condições para que a GD constitua a alternativa mais eficaz para a satisfação das mesmas;

8. Políticas ambientais mais restritivas ao nível das emissões de poluentes: os impactos sobre o meio ambiente, já referidos nos Capítulos 1 e 2, são também um forte elemento impulsionador para o desenvolvimento de tecnologias de GD alternativas e assentes em novos combustíveis e filosofias de geração, constituindo na actualidade a *eficiência energética* e a *performance ambiental* das novas tecnologias as suas vertentes mais importantes;

9. Liberalização em curso no sector eléctrico: a liberalização em curso no sector eléctrico tem permitido a entrada no mercado de geração de electricidade de empresas cuja estratégia de actuação consiste em estudar nichos de mercado e propor soluções mais adequadas às exigências dos clientes, dando-lhe a possibilidade de optarem por novas formas de satisfazerem as suas

necessidades. Por outro lado, devido a opções menos correctas na condução deste processo em algumas regiões, os preços tornaram-se incontroláveis em períodos de grande procura, constituindo também esta uma das razões para instalação de GD, por parte de algumas entidades;

10. Energia verde: quando a produção de electricidade com um impacto ambiental muito baixo é uma imposição, recorrendo nestes casos a tecnologias como a solar, a eólica ou a baseada em células de combustível alimentadas a hidrogénio;

11. Evolução das tecnologias de GD: tem-se assistido durante a última década, fruto da intensa investigação e investimento nesta área, a grandes avanços nos domínios do aumento da fiabilidade, da minimização do impacto ambiental e da redução de custos para um conjunto significativo de novas tecnologias de GD para pequenas potências;

12. Sistemas de transmissão congestionados: em muitas regiões e certas situações, o forte crescimento dos consumos e insuficiente capacidade dos sistemas de T&D instalados são a principal causa de má qualidade da energia e do aumento das interrupções. A instalação de GD próxima de grande centros de consumo permite servir clientes sem utilizar as linhas de transporte e aliviar assim o sistema, diminuindo a probabilidade de ocorrência desses eventos;

13. Dificuldades em expandir o sistema convencional: a agravar o cenário estão ainda as crescentes dificuldades (colocadas por grupos ambientalistas e particulares) para a construção de grandes CP e de novas linhas de transmissão.

Em termos de evolução na instalação de GD, estima-se para os próximos 20 anos um aumento da ordem do dobro do registado nas duas últimas décadas [FETC, 1999], conforme ilustrado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Estimativas de crescimento da GD a nível mundial.

	2000	2004	2008
Capacidade de geração eléctrica instalada em todo o mundo (GW) (países desenvolvidos + economias emergentes)	3.266	3.554	3.872
Capacidade de geração adicionada anualmente (GW)	111	114	119
Percentagem de GD adicionada anualmente	10%	21%	37%
Geração Distribuída a nível Mundial (Adições anuais em MW)	11.136	24.020	43.911

Fonte: Adaptado de *Energy Information Administration - Merril Lynch Estimates (2000).*

Como podemos verificar pelas duas últimas linhas da tabela anterior, a percentagem e a capacidade de GD *adicionada anualmente* apresentam um crescimento exponencial durante este período.

As principais vantagens da utilização da GD, decorrentes das razões que levam à sua grande expansão são, *para os clientes*, *distribuidoras* e *sociedade em geral*, as seguintes:

Para o cliente:

1. Dispor de energia eléctrica com a qualidade adequada para as aplicações modernas, com muita electrónica e cargas sensíveis, sobretudo aquelas onde as interrupções causem maiores impactos na exploração económica e/ou na segurança de pessoas e bens;
2. Proporciona a solução adequada no local certo, permitindo aos clientes a satisfação personalizada das suas necessidades energéticas;
3. Oferece ganhos de eficiência que permitem evitar perdas nas linhas de T&D e utilizar o calor produzido nos processos;
4. Permite reduzir as facturas energéticas através da geração de energia durante as horas de ponta ou picos de consumo, adoptando políticas de gestão mais adequadas;
5. Disponibiliza energia em locais remotos, onde as infra-estruturas de T&D não existam ou não seja viável a sua instalação;
6. Permite uma grande flexibilidade ao nível da instalação da potência mais adequada e do combustível disponível.

Para o distribuidor:

1. A GD complementa a geração centralizada, através de uma resposta mais rápida e com um menor custo para o aumento de procura;
2. Evita a sobrecarga e as perdas nos sistemas de T&D, localizando a capacidade de geração onde esta é necessária;
3. Permite obter energia com maior qualidade e fiabilidade, características essenciais para a satisfação das necessidades actuais de cada vez mais clientes;
4. Os investimentos são de menor dimensão e apresentam riscos inferiores, devido ao menor tamanho, flexibilidade das soluções e intervalo reduzido entre a instalação e o início da exploração;
5. Evita grandes dispêndios financeiros, com os adiantamentos em capacidade de reserva dos sistemas, porque com a GD estes podem crescer de forma modular, à medida que evolui a procura;
6. Oferece aos potenciais concorrentes uma oportunidade de entrada neste mercado, com um relativo baixo custo;
7. Permite satisfazer clientes localizados em regiões que não disponham de infra-estruturas de T&D;
8. Permite gerir melhor a oferta (capacidade) nos períodos de grande consumo. O distribuidor pode utilizar a capacidade de GD instalada para comprar energia aos particulares e satisfazer a procura local em períodos de ponta.

Para a sociedade em geral:

1. Adoptando as tecnologias mais adequadas, podem reduzir-se as emissões nacionais responsáveis pelo efeito de estufa;
2. Disponibilizar a qualidade pretendida a um preço comportável, permitindo satisafzer o aumento da procura através de uma alternativa competitiva e de elevada fiabilidade, características estas essenciais para garantir uma maior competitividade no mercado global;
3. Permite reduzir as perdas de transporte (com valores típicos de 7%), e as perturbações sobre os sistemas de T&D a que ficam sujeitas as linhas quando a energia é produzida de forma centralizada;
4. Devidamente planeada, regulada, instalada e explorada a GD pode ser utilizada como capacidade de reserva global do sistema produtor, a ser coordenada pelo organismo gestor do sistema, permitindo melhorar simultaneamente a fiabilidade da rede e a qualidade de serviço ao cliente final [Daley, 2001].

Os factores atrás referidos têm sido os principais impulsionadores para o aparecimento de tecnologias de geração modulares de pequena potência, que podem ser rapidamente instaladas como resposta às solicitações do mercado[17].

Com base nesta opção, um conjunto significativo de empresas distribuidoras tradicionais começam a disponibilizar aos seus clientes pacotes de soluções que vão ao encontro das suas necessidade, e simultaneamente gerir melhor a capacidade das suas redes.

As desvantagens

Mas a GD pode acarretar também alguns perigos para o bom funcionamento dos sistemas tradicionais, se não forem acauteladas algumas regras elementares:

1. Sistemas de interligação inconsistentes tornam difícil integrar a GD nas redes, que foram concebidas segundo uma lógica de distribuição completamente diferente;
2. O aumento do número de pontos de GD, cujo planeamento de entrada ou saída de serviço não seja controlado pelo gestor da rede, pode causar uma degradação da qualidade da energia, nomeadamente através de grandes flutuações nos níveis de tensão provocados pela entrada e saída em serviço de produtores independentes.

Por estas razões, é imprescindível a adaptação urgente da regulamentação, de modo a contemplar devidamente todas estas novas realidades [RDC, 2000].

E ainda

3. O custo da energia primária utilizada para a produção de electricidade (sobretudo do gás natural) pode ser comparativamente muito elevado para aplicações com um baixo

[17] Cita-se, meramente a título de exemplo, o caso da *Vericor Power Systems*™, que disponibiliza serviços com base no lema do *fornecimento de valor*, com sistemas modulares, extremamente fáceis e rápidos de instalar, potências da ordem dos 3 a 5 MW, que podem fornecer electricidade de alta fiabilidade, vapor, água quente e/ou frio para as empresas industriais [Bray, 2001].

consumo, relativamente ao praticado para as grandes centrais, o que pode tornar pouco atractivas muitas aplicações de pequena dimensão;

4. O *factor de carga* (percentagem média de utilização da capacidade instalada) das instalações individuais de pequena dimensão pode ser reduzido. A existência de unidades de GD individuais requer um valor de potência instalada adequado para responder nos períodos de ponta, sendo depois subaproveitado durante grande parte do tempo. Este facto contribui também fortemente para o elevado preço do kWh, devido aos custos em capital das tecnologias de GD.

De acordo com H. Lee Willis, a GD não poderá competir em preço e eficiência com os grande sistemas centralizados, mas para um número significativo de importantes nichos, constituindo talvez 25% do total do mercado, a GD pode oferecer um preço competitivo e uma fiabilidade que não pode ser conseguida com o tradicional sistema centralizado ([Willis, 2000], página *vi*).

Síntese das implicações da GD no sector eléctrico

A título de síntese desta secção, transcrevemos uma notícia recente que é altamente expressiva da importância que o mercado reconhece às novas formas de produzir energia com as tecnologias de GD. A ABB, anunciou em Março de 2001 o abandono do negócio de construção de grandes centrais (onde são uma das empresas líderes a nível mundial), para se concentrarem no fornecimento de soluções de GD de pequena potência mais adequadas às novas realidades e necessidades dos clientes, o que constitui uma das maiores provas de confiança sobre a importância futura destas tecnologias [Armistead, 2001].

Ainda a respeito do impacto desta tecnologias, e de acordo com a opinião de Tony Armor do EPRI [Armor, 1998], partilhada por um grande número de especialistas, o desenvolvimento e proliferação massiva de GD de electricidade, poderá causar no mercado de produção e distribuição de energia eléctrica, durante a próxima década, uma revolução da mesma ordem de grandeza da provocada com a proliferação dos micro-computadores, durante as décadas de 80 e 90, nas tecnologias de processamento de informação e na vida moderna.

As tecnologias actualmente melhor posicionadas para responder as estes desafios são:

- Os motores de combustão interna de alta eficiência, associados a sistemas de armazenamento de energia para suprir energia durante a sua fase de arranque;
- As microturbinas;
- As células de combustível;
- Os sistemas híbridos, com células de combustível e microturbinas;
- As tecnologias que utilizam fontes renováveis, como a solar e eólica.

Estas serão analisadas de forma sucinta nas próximas secções, onde deixaremos referências e importantes coordenadas de fontes de informação mais profundas sobre as mesmas.

3.3.1 Sistemas de alimentação ininterrupta sem baterias, baseados em motores de combustão interna

Uma das tecnologias de GD mais utilizada nas últimas décadas consiste nos Motores de Combustão Interna (MCI), convencionais, associados a geradores, também designados na literatura inglesa por "Gen-Sets". As principais razões para a penetração desta tecnologia devem--se à sua maturidade, capacidade para disponibilizar energia com uma elevada fiabilidade e qualidade, custos de instalação e de obtenção do kWh comparativamente baixos (para os valores de potência tradicionais) com outras tecnologias e ainda devido à sua capacidade de CHP.

Os combustíveis mais utilizados têm sido o *fuel óleo* e o *diesel*. Mais recentemente, a maioria dos fabricantes introduziram adaptações, de modo a diversificarem a sua alimentação para o *gás natural*, permitindo deste modo obter uma redução dos níveis de emissão de alguns poluentes e o cumprimento de directivas e legislação ambiental recente. A gama de potências abrangidas vai desde os poucos kW, para sistemas portáteis, até algumas dezenas de MW, podendo endereçar todas as características referidas na secção 3.3 para a GD.

Em Portugal, além das razões já mencionadas para a penetração desta tecnologia, foram ainda criados importantes incentivos, que levaram à sua grande proliferação. Foram dadas garantias às indústrias que adoptassem esta tecnologia, de compra da energia eléctrica excedentária, pelo SEP, a preços muito vantajosos. Esta medida foi aproveitada de tal modo que, para algumas empresas e enquanto os preços do *fuel óleo* foram relativamente baixos, a principal fonte de receitas deixou de ser a sua actividade tradicional, para passar a ser a venda de energia à EDP, S.A..

Evoluções mais recentes desta tecnologia

Como foi já referido, hoje um número cada vez maior de instalações requer energia com elevada qualidade e fiabilidade, não tolerando interrupções, grandes flutuações de tensão ou outras perturbações na qualidade da onda. Para satisfazer estas crescentes exigências, a tecnologia dos "Gen-Sets" tem vindo a adaptar-se às novas realidades e a ser utilizada na implementação de UPS sem baterias electroquímicas ([Roberts, 1997] e [Devine, 2000]) concorrendo com outras tecnologias no domínio da GD.

Que modificações foram então introduzidas?

Para dotar estes sistemas com as características de ininterruptibilidade, quando os "Gen-Sets" funcionam em modo de reserva, têm vindo a ser acopladas aos geradores convencionais *unidades de armazenamento de energia* com capacidade para suprir as cargas críticas no intervalo que decorre entre a ocorrência da perturbação (ou o corte) e a entrada em funcionamento do gerador alternativo.

Na actualidade existe neste âmbito uma diversidade considerável de propostas:

1. As que apostam em sistemas de armazenamento baseados em *baterias electroquímicas*;
2. As que apostam em sistemas baseados no uso de *baterias electromecânicas* ou *"Flywheels"* (analisadas em detalhe na secção 3.4.3);

utilizadas de modo integrado ou em separado com os sistemas geradores.

Como funciona uma UPS convencional

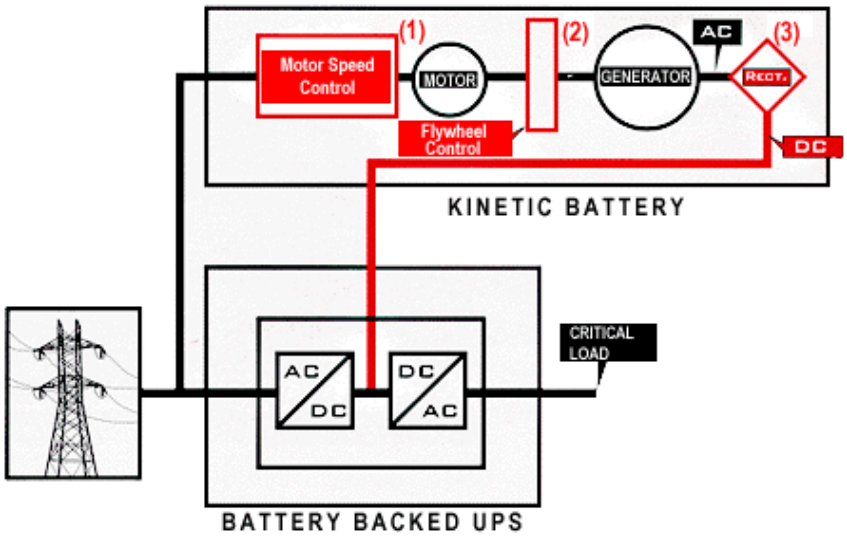
De forma muito sucinta podemos dizer que uma UPS convencional é constituída por uma unidade de rectificação AC/DC, um bus DC, ao qual está ligada uma unidade de armazenamento de energia, e uma unidade inversora DC/AC. Quando há perturbações na alimentação do exterior, a função da unidade de armazenamento de energia é a de injectar corrente no bus DC (mantendo o seu valor de tensão), de modo a garantir que essas perturbações não se vão reflectir na carga crítica (figura 3.2).

Tradicionalmente, e por falta de melhores alternativas, a tecnologia de armazenamento utilizada até há poucos anos, foi a das *baterias electroquímicas*, que têm vindo a ser alvo de grandes evoluções. Mas que, apesar dos avanços conseguidos, continuam a apresentar um número considerável de inconvenientes, como sejam o seu curto tempo de vida útil, necessidade de manutenção periódica e dispendiosa, degradação progressiva do desempenho, exigências de climatização do seu local de instalação, densidade de potência relativamente baixa, impactos ambientais decorrentes da natureza dos elementos utilizados na sua composição, etc.

No sentido de ultrapassar estas limitações, têm vindo a ser desenvolvidas tecnologias que suprimem o uso das baterias electroquímicas para a função de armazenamento de energia, dando origem às designadas *UPS sem baterias* [Morash, 1999].

Uma análise detalhada sobre as tecnologias de armazenamento de energia será efectuada na secção 3.4; aqui apenas referiremos as unidades de armazenamento baseadas no uso de baterias electromecânicas, que constituem actualmente uma das mais utilizadas no âmbito da tecnologia a analisar nesta subsecção.

Na figura seguinte apresenta-se o diagrama de uma UPS sem baterias (entenda-se sem baterias electroquímicas), onde a unidade de armazenamento de energia é constituída por um sistema de armazenamento de energia cinética baseado numa *bateria electromecânica* ou *"Flywheel"*.



Legenda: 1. Motor eléctrico AC, 2. Massa (Volante) de Inércia, 3. Gerador em AC e Rectificador

Figura 3.2 - Diagrama com o princípio de funcionamento de uma UPS.
Fonte: (http://www.rotoups.com).

Alternativas tecnológicas mais importantes neste âmbito

De entre as várias alternativas tecnológicas disponíveis comercialmente dentro desta nova classe de UPS, existem duas que nos merecem uma referência especial, devido à sua eficácia, simplicidade e capacidade de satisfazer em simultâneo outros importantes requisitos, que as tornam numa das opções tecnologicamente mais interessante, e competitiva, na actualidade. São elas: O sistema desenvolvido pela *HITEC*™ e o sistema *Roesel Motor-Generator*™ com a tecnologia *"Written Pole"*.

De seguida faremos uma breve descrição dos seus princípios de funcionamento.

1. UPS sem baterias da HITEC

Nestas unidades, concebidas sobretudo para funcionarem em situações de emergência (em *"Stand-by"*), a fonte de energia permanente é garantida por um *motor diesel* que se encontra permanentemente disponível para arranque, sendo neste mantidas as condições que minimizam o tempo necessário para a obtenção do seu máximo rendimento [Evans, 1999].

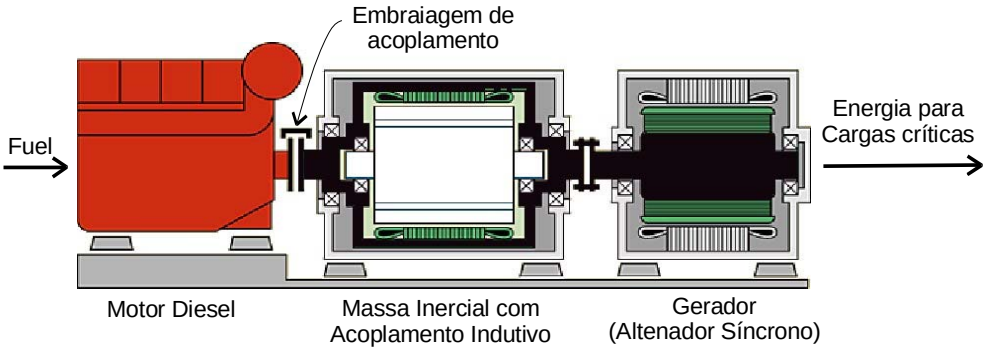


Figura 3.3 - Diagrama esquemático de funcionamento do "Gen-Set" da HITEC.
Fonte: (Adaptado do catálogo da HITEC™ Power Protection [Hitec, 2000]).

Modos de funcionamento:

1. Em modo normal de operação: Na ausência de perturbações, o *motor diesel* encontra-se parado, o alternador síncrono roda à velocidade de sincronismo (1500 rpm), solidário com o invólucro da massa inercial (sistema representado a preto na figura). No sistema de armazenamento de energia cinética, o cilindro interior da massa inercial (representado a branco), que constitui o principal armazenador de energia, roda no mesmo sentido do invólucro (preto), mas à velocidade de 4500 rpm, sendo esta mantida através do acoplamento indutivo com o envólucro que roda a 1500 rpm. A manutenção das velocidades de rotação das massas inerciais é garantida pelo alternador síncrono, que funciona neste modo como motor. A velocidade de rotação da massa inercial interior, relativamente à exterior, é assim, na situação normal de operação, de 3000 rpm.

2. Em modo de emergência: Quando ocorre uma perturbação (corte, micro-corte, falha numa fase, subtensão, etc.) na alimentação vinda do exterior, o *alternador*, que se encontra a rodar à velocidade de sincronismo e em paralelo com a rede, entra em geração (figura 3.4) e dá-se início

ao ciclo de arranque do *motor diesel*, caso a duração do evento exceda um dado valor (500 milisegundos, por exemplo). Este leva cerca de 1,8 segundos a atingir a velocidade nominal, e quando esta é atingida a *embraiagem de acoplamento* entre o *motor diesel* e a *massa inercial* é atracada, passando a partir desse instante o *motor diesel* a fornecer energia mecânica ao *alternador*. Durante o intervalo que decorre entre o início do ciclo de arranque do motor diesel e a sua disponibilidade efectiva para accionar o alternador, a velocidade de sincronismo é mantida através da transferência de energia da massa inercial interior para o invólucro, mantendo a velocidade nominal do sistema exterior. Se a perturbação for de muito curta duração, o sistema diesel pode não arrancar, sendo neste caso esta reparada apenas com a energia armazenada na massa inercial, voltando esta após a perturbação a acelerar e a ficar pronta para nova actuação.

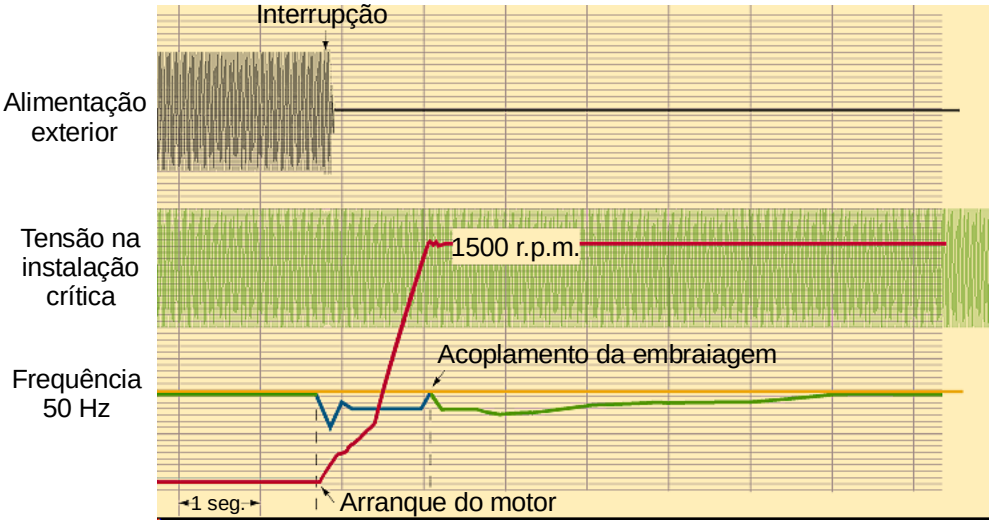


Figura 3.4 - Transição para o modo de emergência da UPS sem baterias da HITEC.
Fonte: (Adaptado do catálogo da HITEC™ Power Protection [Hitec, 2000]).

Principais vantagens desta tecnologia

Esta tecnologia apresenta um número considerável de vantagens relativamente a tecnologias concorrentes baseadas no uso de conversores AC/DC e DC/AC e de bateria electroquímicas:

1. O sistema encontra-se em paralelo com a alimentação da rede exterior, enquanto que os sistemas AC/DC e DC/AC ficam em série, suportando permanentemente a corrente nominal da instalação;
2. O sistema não necessidade de módulos rectificadores e inversores, para as potências totais das instalações a proteger, permanentemente ligados. A energia é gerada directamente em tensão alternada e com a frequência pretendida;
3. A autonomia do sistema não está dependente da energia armazenada, uma vez que esta é apenas utilizada no período transitório. Esta é determinada apenas pela disponibilidade do motor diesel. Nos sistemas electroquímicos é limitada à capacidade dos acumuladores. Por isso esta tecnologia permite, para além das funções de UPS, converter-se na unidade de

alimentação de energia de modo permanente da instalação e desempenhar as funções típicas da GD atrás referidas;

4. O sistema apresenta um tempo de vida muito longo (superior a 25 anos), necessitando apenas de manutenção periódica ao nível do motor diesel e de substituição de rolamentos. Nos sistema electroquímicos a duração e manutenção das baterias representa um custo e impacto ambiental muito elevado;

5. Além das funções de alimentação de energia à instalação crítica, estes sistemas integram ainda funções de filtragem de harmónicos (bidireccional e adaptativa), permitem injectar potência reactiva, de forma dinâmica, para compensar o carácter predominantemente indutivo da maioria das instalações industriais, suprindo deste modo a necessidade de investimentos adicionais nessas tecnologias.

Segundo informações divulgadas pelo fabricante, esta opção tecnológica constitui uma alternativa extremamente competitiva para as aplicações críticas da actualidade (*"Ride Trought Capability"*), permitindo evitar as perdas decorrentes das perturbações na qualidade da energia eléctrica.

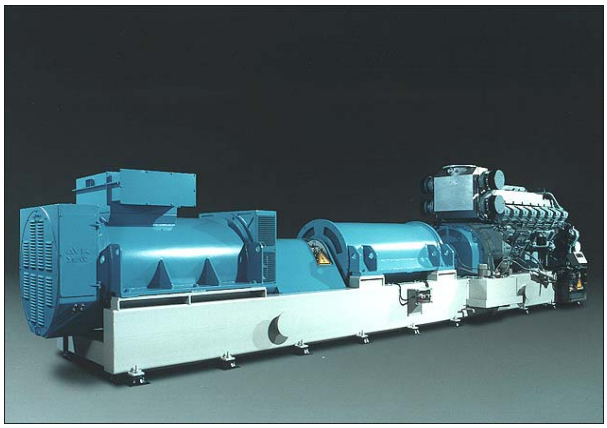


Figura 3.5 - UPS de 500 kW, sem baterias, da HITEC.
Fonte: (Catálogo da HITEC™ Power Protection [Hitec, 2000]).

B. O sistema Roesel Motor-Generator™ com a tecnologia "Written Pole"

Uma outra tecnologia muito interessante neste domínio, foi concebida por John Roesel e desenvolvida pela *TECO-Westinghouse Motor Company´s Roesel Motor-Generator* [TECO, 2001]. Consiste basicamente numa máquina eléctrica rotativa (Motor/Gerador), com um desenho inovador (um estator interior e um rotor exterior com elevada inércia), constituído por uma única peça em movimento, sem enrolamentos, que lhe permitem a alimentação de cargas críticas durante um período de 10 a 15 segundos, garantindo uma frequência e tensão constantes durante a fase de desaceleração do sistema inercial ([Monroe, 2000] e [PPC, 2000]). Quando são necessários sistemas para suprir alimentação durante tempos superiores é integrado no sistema um MCI, que permite o accionamento do gerador nessas situações.

A tecnologia na base deste sistema, designada por *Written-Pole*™, consiste na capacidade de ir variando continuamente o número de pólos magnéticos do gerador, durante a fase de desaceleração do seu rotor (provocada por uma cava de tensão ou corte), permitindo desse modo

manter os valores da frequência e a da tensão de saída do sistema e evitar que essas perturbações afectem as cargas críticas da instalação a proteger (figura 3.6).

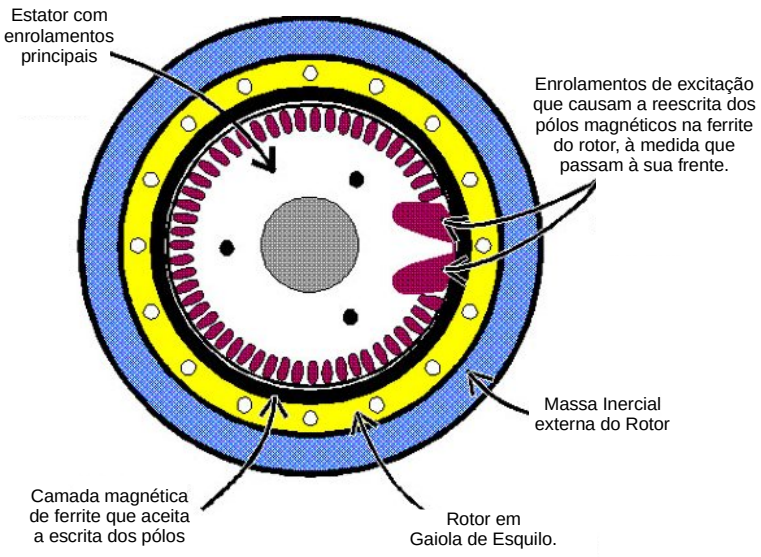


Figura 3.6 - Princípio de funcionamento da tecnologia "Written Pole™"
Fonte: (Adaptado de [TECO, 2001]).

Os alvos prioritário da aplicação deste sistema têm sido as aplicações relacionadas com a nova economia (suporte de *Web-sites*, bancos, seguradoras, pequenas unidades hospitalares, etc.), mas sobretudo as estações de telecomunicações remotas de radar, via satélite e antenas de telemóvel [Morash(a), 1999].

Figura 3.7 - UPS sem baterias com a tecnologia *Written Pole*™.
Fonte: ([TECO, 2001]).

3.3.2 Microturbinas

As microturbinas constituem uma outra tecnologia com um grande potencial para as aplicações típicas de GD na actualidade. O seu princípio de funcionamento baseia-se nas turbinas a gás, uma tecnologia há muito tempo utilizada na propulsão de aeronaves, em unidades de geração de electricidade de grande e média dimensão e em aplicações caracterizadas por uma alta criticidade, como por exemplo a bordo de aeronaves. Nos últimos anos, decorrente das novas exigências do mercado de energia eléctrica, estas foram alvo de grandes inovações, que as tornaram numa tecnologia capaz de produzir energia com elevada qualidade e fiabilidade, com emissões ambientais inferiores às dos sistemas térmicos convencionais e de serem, em determinados nichos de mercado, competitivas com outras alternativas de geração distribuída [Murrell, 1999].

Uma das principais inovações introduzidas, relativamente às turbinas convencionais, consiste na adopção de um conceito mecânico extremamente simples (figura 3.8). Este assenta num desenho com um veio único, onde estão integrados todos os elementos móveis do sistema. Numa das extremidades encontra-se o sistema da turbina (onde se produz o trabalho mecânico pela queima de um combustível) e no outro o gerador de energia eléctrica. Esta filosofia, de grande simplicidade de construção, suprime a presença da caixa redutora utilizada nas turbinas convencionais, dispensando desse modo a utilização de um orgão dispendioso, volumoso, que produz ruído e que exige manutenção periódica; permite assim diminuir o custo, aumentar a fiabilidade do sistema mecânico e reduzir os intervalos entre manutenções.

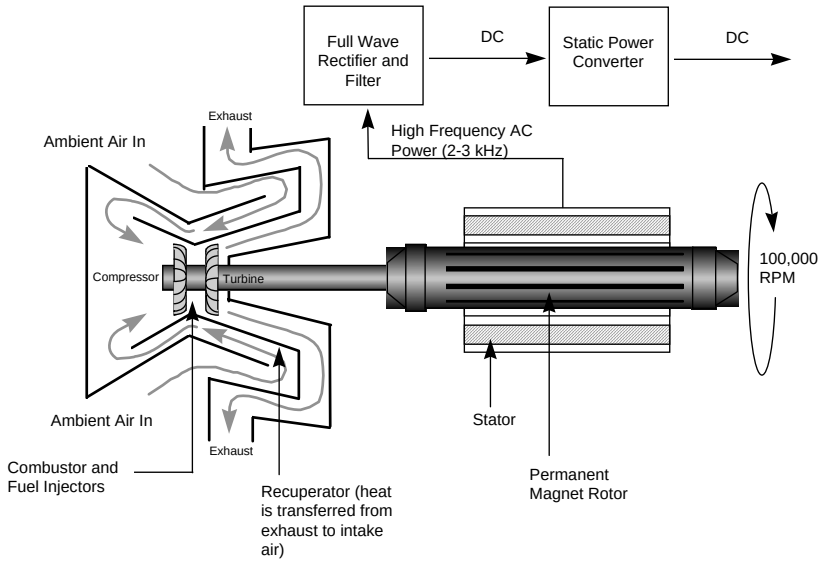


Figura 3.8 - Princípio de funcionamento das microturbinas.
Fonte: Imagem gentilmente cedida por Ben Banerjee da EPRI PEAC [Banerjee, 2000].

A outra grande inovação consiste na utilização de uma tecnologia de rolamentos de ar (*"air bearings"*) nestes sistemas. As turbinas convencionais são lubrificadas e refrigeradas por óleo, que para além de algum consumo requer substituição periódica, implicando isso custos consideráveis. As microturbinas não utilizam óleo ou qualquer outro fluído para estas funções,

pois possuem como único elemento refrigerador e lubrificante o ar, através de uma tecnologia que cria uma almofada nas chumaceiras (micro-película entre as partes móveis e os apoios), permitindo desse modo atingir velocidades de operação extremamente elevadas, da ordem das 85.000 a 120.000 rpm e reduzir também, por esta via, drasticamente os custos de manutenção e exploração, e a probabilidade de libertação de subprodutos poluentes para a atmosfera [Laird, 1999].

Como podemos observar pela figura anterior, o gerador é constituído por um rotor de baixa inércia, que integra um conjunto de ímans permanentes e roda à velocidade da turbina. A tensão de saída deste apresenta assim uma frequência da ordem dos 2 kHz. Para que esta possa ser utilizada nas aplicações tradicionais, é rectificada, filtrada e depois convertida em tensão alternada (com 50 ou 60 Hz, monofásica ou trifásica), para os valores desejados, através de um sistema inversor com IGBT.

Uma vez que o gerador não necessita de rodar com uma velocidade múltipla da velocidade de sincronismo da frequência da rede, a velocidade da turbina pode variar sem que isso interfira com a frequência da tensão produzida pelo sistema. Este facto permite uma grande simplificação no seu sistema de controlo, pois a velocidade pode ser livremente ajustada para operar no regime que forneça a potência pretendida com o melhor rendimento possível.

Uma outra vantagem associada à opção de um veio único e à alta frequência de geração é a de que os pólos magnéticos do gerador podem ser de muito menores dimensões e peso que os equivalentes para um gerador a 50 Hz com a mesma potência.

Pode também observar-se na figura 3.8 que o sistema integra um recuperador de calor que efectua o aproveitamento da energia calorífica dos gases (a altas temperaturas), à saída da turbina, para o pré-aquecimento do ar a fornecer à entrada do compressor. Consegue-se deste modo efectuar uma melhor combustão, advindo daí uma maior eficiência energética e uma menor emissão de óxidos de azoto (NOx) e de partículas para a atmosfera. Os objectivos dos fabricantes neste campo são os de tentar reduzir estes para apenas 7 ppm (partículas por milhão), e atingir uma eficiência de conversão de combustível em electricidade de pelo menos 40% [Abraham, 2001].

No respeitante aos combustíveis, as microturbinas permitem a geração de energia eléctrica com uma grande diversidade de alternativas, onde se incluem: o gás natural (a baixa e alta pressão), propano, diesel, gasolina, biogás (metano), o kerosene, ou qualquer outro combustível, mesmo os de muito baixo teor calorífico. Constituindo alguns destes elementos subprodutos, anteriormente queimados ou simplesmente lançados para a atmosfera, como por exemplo o metano proveniente de lixeiras municipais ou de explorações agrícolas, ou os gases provenientes das minas de carvão ou da indústria petrolífera, existem já bastantes casos de aplicação de microturbinas nos EUA a fazer o aproveitamento deste tipo de situações [Perez, 2001].

Além de electricidade, as microturbinas produzem também uma quantidade significativa de calor utilizável, o que as torna numa excelente alternativa para a produção CHP. Constituem as metas actuais dos fabricantes atingir uma eficiência energética, considerando a utilização CHP, da ordem dos 80 a 90% [Abraham, 2001]. O valor típico da temperatura do ar à saída destes sistemas, se não for efectuado o seu aproveitamento, é da ordem dos 280 ^{o}C. Esse calor pode ser aproveitado para a produção de vapor, ou para aquecimento de água, que pode ser utilizada no aquecimento de edifícios, para fins industriais ou domésticos. A cadeia *Mc Donald´s*

possui já alguns dos seus estabelecimentos nos EUA a serem alimentados por microturbinas da Capstone™, com aproveitamento CHP, tornando deste modo esses empreendimentos energicamente mais eficientes e não dependentes da fiabilidade das redes, num período de grande instabilidade no fornecimento e nos preços, como o que se vive actualmente em alguns dos estados americanos. E pretende vir a instalá-las noutros estabelecimentos espalhados pelo mundo [Mercury, 1999].

Na figura seguinte apresenta-se uma das microturbinas de maior sucesso na actualidade que é o modelo 330 da Capstone de 30 kW, alimentado a gás natural.

Figura 3.9 - Microturbina da Capstone (30 kW).
Fonte: Site da Capstone (http://www.capstone.com).

Os valores de potência actualmente disponibilizados por esta tecnologia situam-se desde os poucos kW (com aplicação potencial para o sector residencial, os pequenos serviços e as aplicações não estacionárias, como a indústria automóvel, já disponível comercialmente em alguns mercados liberalizados) e algumas centenas de kW para aplicações industriais e no sector dos serviços de maior dimensão. No domínio industrial a maioria dos fabricantes disponibiliza sistemas com potências desde os poucos kW até 500 kW, podendo efectuar-se a junção de vários sistemas para suprir qualquer necessidade.

Uma outra importante característica desta tecnologia é a de que ela requer uma área de instalação extremamente pequena e produz um baixo nível ruído e vibração, importante vantagens que permitem a sua instalação muito próximo do local onde é necessária a energia, e mesmo dentro dos edifícios.

Relativamente aos custos, as microturbinas podem produzir energia com um custo de 6,5 a 7,5 cêntimos de dólar por kWh [Tse, 2001]. Em aplicações onde seja também utilizado o calor (CHP), estes podem descer para os 5 a 6 cêntimos de dólar por kWh[18]. Os custos de capital por kW eram em 2000 da mesma ordem de grandeza dos das CCC e dos MCI alimentados a gás natural, isto é cerca de 500 dólares por kW [Honton, 2000].

[18] Sendo o preço do kWh de electricidade da rede de aproximadamente 10 cêntimos de dólar ([Lasky, 2001], página 86).

Um dos maiores inconvenientes das microturbinas na actualidade é, segundo a opinião de alguns especialistas, a sua limitação para poderem ser ligadas e desligadas com frequência [Bong, 2001]. Como consequência, estas são mantidas em funcionamento contínuo o maior tempo possível desde que são ligadas. Encontra-se divulgado que existem sistemas em operação ininterrupta há mais de 50.000 horas. Segundo os especialistas, esta limitação encontra-se no entanto em vias de resolução, e não constituirá um obstáculo num futuro próximo.

Os principais fabricantes

À medida que esta tecnologia vem demonstrado a sua grande competitividade, fiabilidade e aceitação pelo mercado, têm surgido um número crescente de empresas a produzir microturbinas. Uma das de maior sucesso, criada em 1988 especificamente para este fim (e a quem se devem as maiores inovações introduzidas e atrás referidas), é a Capstone™, que tem conquistado os mais importantes prémios atribuídos a este tipo de tecnologia. Este fabricante lançou recentemente no mercado uma nova turbina com a capacidade de 60 kW [Almgren, 2001]. Mas, também outros fabricantes, há muitos anos produtores de turbinas para outros fins, se lançaram no fabrico de unidades de pequenas dimensões para endereçar o mercado da GD. Entre eles podemos referir a Pratt & Whitney™, um dos maiores fabricantes mundiais de turbinas para a aviação, que acaba de lançar o modelo ST5 com 400 kW [Murelio, 2001], a Ingersoll Rand™, que produz turbinas com potências desde os 3,5 kW [Lombardo, 2000], a General Electric™ com uma grande experiência em CCC e na aviação, que produz agora também unidades com potências a partir de 60 kW [Tse, 2001], entre outros. Estes indicadores demonstram que as microturbinas constituem na actualidade uma área tecnológica estratégica, extremamente dinâmica, cada vez mais disputada e também procurada pelos investidores.

3.3.3 Células de Combustível

As Células de Combustível ou *"Fuel Cells"* (FC) constituem na actualidade a forma mais revolucionária de produzir energia eléctrica. Na sequência dos investimentos massivos efectuados nas últimas décadas pelas indústrias automóvel, de produção de energia eléctrica, NASA e sectores da defesa, num curto espaço de tempo estas posicionaram-se como uma das melhores alternativas para atender aos múltiplos aspectos envolvidos na geração de energia eléctrica de forma distribuída. Actualmente algumas centenas de empresas em todo o mundo trabalham para tornar esta tecnologia mais competitiva, pois espera-se que venha a ocupar um papel crucial na produção de electricidade para as próximas décadas.

As principais razões para a sua grande penetração são:

1. Elevada eficiência na conversão da energia do combustível em electricidade, consumindo por isso menos e advindo daí uma redução significativa das emissões de poluentes relativamente às tecnologias tradicionais;
2. Convertem directamente a energia química dos combustíveis em electricidade, sem a necessidade de combustão e por isso emitem óxidos de azoto e enxofre (NO_X e SO_X) em níveis extremamente baixos para a atmosfera;
3. Utilizam como combustível um dos elementos mais abundantes do planeta, o hidrogénio, podendo este ser extraído de uma grande diversidade de produtos e combustíveis;
4. Não têm partes móveis, não produzem ruído e podem instalar-se em qualquer local;
5. Permitem uma elevada densidade de potência e possuem uma estrutura modular;
6. Possuem uma boa rapidez de resposta às variações na solicitação de carga (alguns tipos alimentados directamente a hidrogénio podem passar de vazio à plena carga em apenas um segundo);
7. Permitem produzir energia com alta qualidade adequada às exigências do mercado dos nove 9´s;
8. Como produzem também calor, são uma opção interessante quando é necessária a produção combinada de electricidade e calor;
9. Pretendem, dentro de uma década, competir com os preços do kWh obtidos a partir de tecnologias tradicionais;
10. São facilmente integradas com as fontes renováveis em fase de grande expansão, como a eólica e a solar, permitindo efectuar o armazenamento de energia sob a forma de hidrogénio (obtido pela electrólise da água) para posterior conversão em electricidade.

Devido ao maior potencial que reconhecemos a esta tecnologia, relativamente às outras conhecidas e aqui referidas, ela será objecto de uma descrição um pouco mais pormenorizada, ainda que sem se pretender no entanto analisar, numa dissertação com este âmbito, um tema tão vasto com a profundidade que tal mereceria. Sendo imperioso ser sucinto, deixaremos um conjunto de indicadores e referências para quem queira aprofundar este tema.

Quando e como surgem as Células de Combustível

O princípio de funcionamento das FC foi descoberto em 1839 por *William Grove*, ao constatar que a electrólise da água era um processo reversível. Mas, devido às dificuldades da engenharia dessa época para desenvolver materiais que permitissem a obtenção de sistemas com viabilidade prática e económica, esta tecnologia viria a evidenciar um desenvolvimento muito lento após a sua descoberta.

No final do século XIX e início do século XX, a descoberta e utilização generalizada do MCI (que passou muito rapidamente a constituir uma opção competitiva, fiável e fácil de dominar), captou uma maior atenção, passando a ser alvo de grande investigação e aperfeiçoamento tecnológico. Simultaneamente foram-se desenvolvendo importantes interesses económicos em torno da tecnologia dos MCI e do sector energético que os alimentava, que levaram a que o potencial facultado pelas FC fosse negligenciado pela maioria dos investigadores. No entanto, alguns adeptos mais convictos e "resistentes" mantiveram-se a trabalhar nesta área, e em 1932 *Francis Bacon* (EUA) apresenta uma FC utilizando materiais mais evoluídos (novas membranas e electrólitos), que lhe permitem a construção de um exemplar que mais tarde (em 1959) viria a ser aplicado na alimentação de um aparelho de soldadura a arco com uma potência de 5 kW. Em Outubro desse mesmo ano, *Harry Karl Ihrig*, da empresa Allis Charmers (EUA), aplica uma versão desta FC, com uma maior potência, num tractor de 20 hp, movido por um motor eléctrico de corrente contínua, sendo esta a primeira aplicação prática conhecida das FC na propulsão de um veículo. Mas, devido aos maiores custos desta tecnologia relativamente à dos MCI e à necessidade de serem nela introduzidas melhorias, a sua exploração comercial só muito mais tarde viria a ocorrer [FCCG, 1999].

No início dos anos 50 a NASA elege as FC como a tecnologia a aperfeiçoar para substituição das tradicionais baterias no fornecimento de energia a bordo das missões espaciais que se encontrava a preparar. O sucesso da sua aplicação nas missões *Apollo* e *Space Shuttle* foi tal que desencadeou um enorme interesse de toda a comunidade científica por esta tecnologia, levando à formação de uma convicção colectiva em torno das FC, em como estas poderiam também vir a desempenhar um papel muito importante em aplicações fora do âmbito espacial. As mesmas características que as tornaram ideais para as missões espaciais (compactas, alta eficiência, baixos níveis de emissão), fazem com que sejam também adequadas para as aplicações de GD estacionária ou móvel, trazendo-as para a superfície da Terra, que tem sido tão agredida com as tradicionais tecnologias de combustão [Voyentzie, 1999].

Decorridos mais de 160 anos desde a sua descoberta, o mundo reconhece finalmente que esta tecnologia constitui um dos domínios mais fascinantes de todas as tecnologias de geração alguma vez utilizadas, com um enorme potencial de aplicação em todas as áreas tecnológicas que necessitem de electricidade. O potencial que lhe é reconhecido é sintetizado pela seguinte expressão de Dolan [Dolan, 2000], da *United States Fuel Cell Council*, ao afirmar:

"The Fuel Cells are not just the wave of the future, ***they are the tsunami of the future****"*

Breve síntese sobre a evolução histórica da utilização dos combustíveis

Ao longo da história da humanidade tem-se assistido a uma transição gradual no uso de combustíveis com elevada composição de carbono, para combustíveis com uma taxa cada vez menor deste elemento e mais ricos em hidrogénio (figura 3.10). A queima dos diferentes combustíveis referenciados na figura é responsável pela libertação de quantidades diferentes de dióxido de carbono (CO_2) para a atmosfera, sendo esta tanto mais elevada quanto maior for a presença do carbono. Podemos então concluir que a lenha e o carvão possuem taxas de emissão de CO_2 muito superiores às do petróleo (e dos seus derivados) ou do gás natural. O hidrogénio, como é óbvio, não liberta este composto quando utilizado como combustível ou sob outra forma, uma vez que é um elemento puro. Assim, do ponto de vista ambiental, o hidrogénio constitui o combustível de *"fim de linha"* em termos de evolução e de emissões ambientais. Da sua combustão ou outro aproveitamento resulta apenas trabalho, água (H_2O) e calor como subproduto da reacção. A par desta importantíssima característica ambiental, o hidrogénio constitui, um dos elementos mais abundantes do universo, não se encontrando no entanto no estado puro à superfície da Terra, onde está combinado com praticamente todos os elementos, como na água (H_2O) e em todos os materiais que a integrem, na lenha, no carvão ou nos combustíveis fósseis [Milliken, 1999].

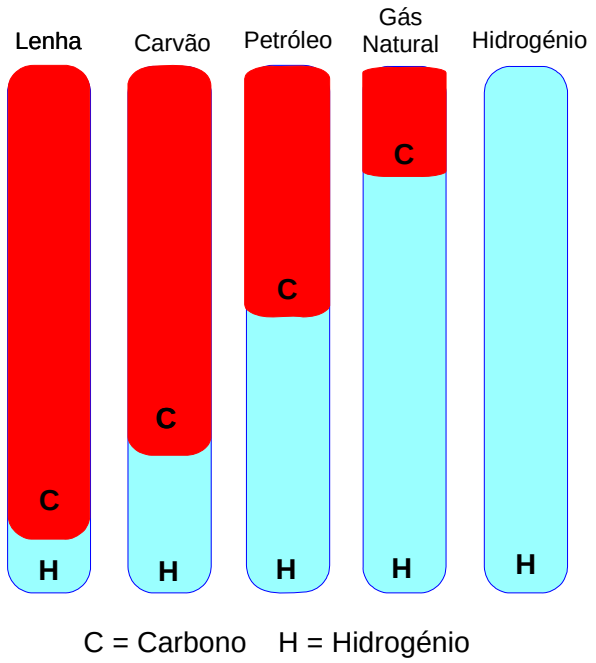


Figura 3.10 - Evolução do teor de carbono nos combustíveis utilizados pelo Homem. Fonte: [Milliken, 1999].

Observação: Com a figura anterior pretende-se apenas realçar a diminuição do teor de carbono nos combustíveis que sucessivamente têm vindo a ser mais utilizados pelo Homem. A dimensão das áreas afectas ao **C** e ao **H** é atribuída numa base molar e não têm em conta, nem o peso atómico, nem a energia específica, para cada dos combustíveis em análise.

Vantagens ambientais decorrentes do uso da tecnologia de FC

1. Produção de energia eléctrica com as tecnologias tradicionais

Com as tecnologias tradicionais de produção de energia eléctrica, baseadas na combustão de combustíveis fósseis, independentemente da tecnologia específica em causa, é efectuada a queima de um hidrocarboneto, atingindo-se nessa operação temperaturas da ordem dos 2500 °C. É precisamente devido a estas elevadas temperaturas, e aos componentes que integram o combustível e o ar envolvidos na combustão, que se produzem compostos nocivos para o ambiente, tais como os óxidos de azoto (NO_X), enxofre (SO_X), monóxido e o dióxido de carbono (CO e CO_2) e outros hidrocarbonetos (HC), responsáveis pelo efeito de estufa e outros impactos ambientais hoje sobejamente conhecidos.

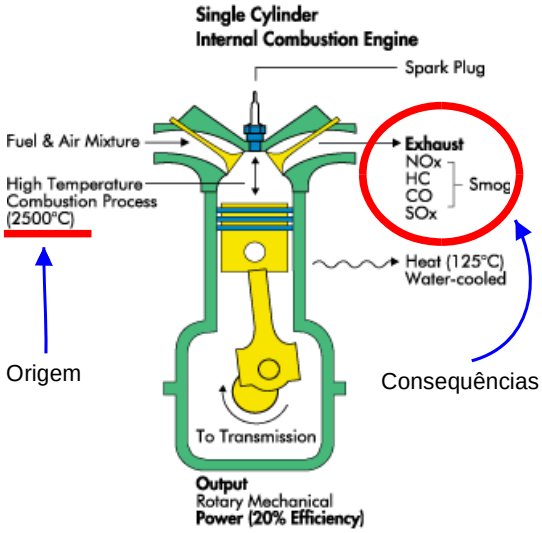


Figura 3.11 - Compostos produzidos com a tecnologia de combustão.
Fonte: (Adaptado do site da Ballard http://www.ballard.com).

O calor produzido pela combustão é então convertido em energia mecânica, e esta utilizada para accionar um gerador eléctrico. A eficiência desta conversão situa-se tradicionalmente entre os 20% e os 60% para as CCC, que representam a tecnologia térmica mais eficiente, e é fortemente afectada por elevadas perdas de calor. Além disso, esta tecnologia caracteriza-se ainda por uma série de outros pontos fracos, referentes à manutenção, exploração e impactos ambientais de natureza diversa (emissão de poluentes, produção de ruído, vibrações e necessidade de infra-estruturas especiais).

2. Produção de energia eléctrica com a tecnologia de FC

Com a tecnologia das FC´s o princípio de funcionamento é radicalmente diferente. Estas convertem directamente o combustível em energia eléctrica, através de uma reacção electroquímica contínua (figura 3.12), sem a necessidade de combustão (e de se atingirem elevadas temperaturas), de uma forma limpa, sem peças em movimento, com uma elevada eficiência e grande fiabilidade.

Funcionamento as Células de Combustível (FC)

O princípio de funcionamento das FC baseia-se numa *reacção redox*[19], onde o oxigénio é o oxidante e o hidrogénio o redutor, ou seja, na conversão directa da energia química de um combustível em energia eléctrica (DC) através de uma reacção electroquímica contínua, envolvendo um sistema eléctrodo-electrólito estável.

As reacções químicas verificadas nos eléctrodos são as seguintes:

- ***Ânodo*** (eléctrodo negativo da célula):

$$H_2 \rightarrow 2\,H^+ + 2\,e^- \qquad (1)$$

Quando é fornecido hidrogénio (H_2) ao *ânodo*, dá-se uma reacção química, onde esses átomos são decompostos em iões positivos (H^+), que vão atravessar o *electrólito* em direcção ao *cátodo*, e electrões (e^-), que ficam retidos no *ânodo* (criando neste um potencial negativo). O *ânodo* encontra-se ligado ao *cátodo* através de um condutor, que permite o escoamento desses electrões pela carga externa.

- ***Cátodo*** (eléctrodo positivo da célula):

$$\tfrac{1}{2}\,O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightarrow H_2O \qquad (2)$$

No lado oposto o *cátodo* recebe os iões positivos (H^+) que vêm do *electrólito* (criando-se aí um potencial positivo, um défice de electrões!) e absorve oxigénio do ar que se combina com estes iões e com os electrões vindos do circuito externo, formando-se moléculas de água (H_2O) e libertando-se simultaneamente calor que é expelido para a exterior.

- **Reacção química global**

$$\tfrac{1}{2}\,O_2 + H_2 \rightarrow H_2O + 2\,e^- + \text{Calor} \qquad (3)$$

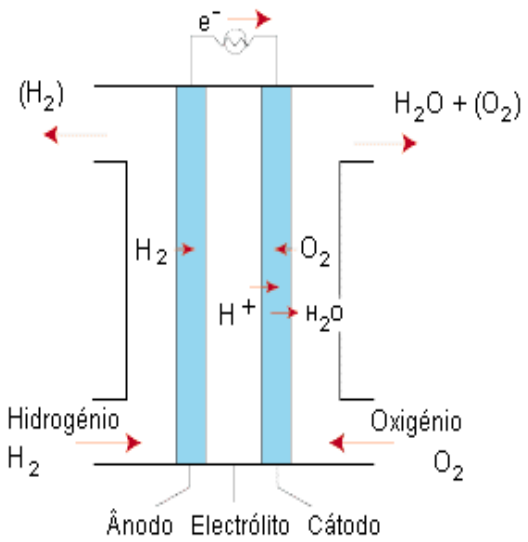


Figura 3.12 - Processo electroquímico dentro de uma célula de combustível.
Fonte: (Site da IFC http://www.internationalfuelcells.com).

[19] **Redox** - classificação de uma reacção química, que significa redução-oxidação. Esta refere-se à capacidade de os átomos libertarem electrões, perante uma reacção de oxidação, o que acontece com o hidrogénio nas FC [Miozzo, 2000].

O *electrólito* funciona assim como uma *"válvula unidireccional"*, que bloqueia a passagem dos electrões no *ânodo*, permitindo que apenas os iões positivos atravessem a sua estrutura, para depois se combinarem com o oxigénio no *cátodo*.

Podemos verificar pela *equação 3*, que, se o combustível utilizado for o hidrogénio puro não existe a produção de qualquer composto nocivo ao meio ambiente, daí decorrendo o facto de esta tecnologia ser extremamente limpa, pois água e calor são os únicos subprodutos desta reacção (figura 3.13).

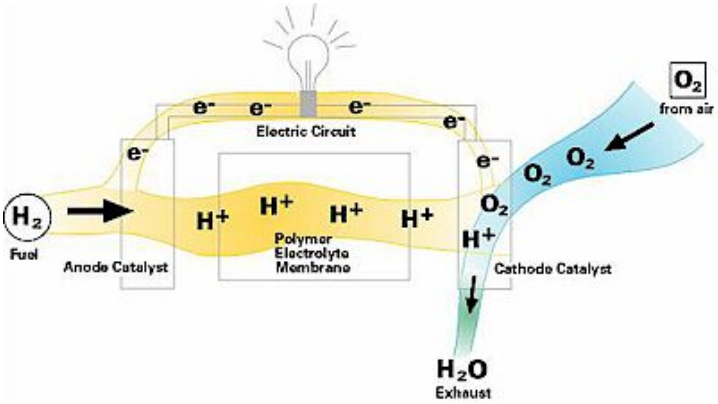


Figura 3.13 - Fluxos dentro da célula de combustível.
Fonte: (http://www.Celcom.vila/oque.htm).

Relativamente ao potencial eléctrico gerado por cada célula, este varia consoante o tipo de FC, sendo da ordem dos 0,6 a 0,7 V, pelo que, para se atingirem tensões com interesse prático, as FC são associadas em série, dando origem a *pilhas de células*, também designadas por ***pilhas de combustível***. Além deste tipo de associação, para se conseguirem potências elevadas, são associadas várias *pilhas de células* em paralelo, sendo este processo extremamente flexível e modular.

Diferentes tipos Células de Combustível

Como foi já referido, para que as FC possam produzir electricidade, necessitam de oxigénio, que pode ser extraído do ar, e de hidrogénio, que pode obtido de diferentes formas. Neste âmbito, há basicamente três grupos ou famílias de alternativas tecnológicas:

1. Aquela que designamos por *Tecnologia Tradicional*, aposta em FC que utilizam como combustível o *hidrogénio no estado puro*;
2. A *Tecnologia de Células de Combustível de Utilização Directa do Combustível*, ou *"Direct Fuel Cells"* - ***DFC***, permite converter directamente a energia do combustível em energia eléctrica;
3. Uma tecnologia mais recente, que utiliza combustíveis metálicos, consiste em *Células de Combustível Alimentadas a Combustíveis Sólidos* ou *"Solid Metal Fuel Cells" - SMFC*, e que aproveita materiais como o zinco e o alumínio.

Abordaremos em seguida as principais características associadas a cada uma destas alternativas.

1. Células de Combustível com *tecnologia tradicional*

A tecnologia tradicional utiliza o hidrogénio puro para a produção de electricidade. Uma questão que se coloca então, é a de como obter este hidrogénio? A electrólise é uma dessas formas, mas que não faz sentido, do ponto de vista da eficiência energética[20], a não ser que se pretenda utilizar o hidrogénio como meio de armazenamento de energia temporário (o que vem conquistando um interesse crescente).

Uma outra opção consiste na utilização dos hidrocarbonetos para extrair hidrogénio, através de dispositivos designados por *Reformadores* (*"Reformers"*) ou *Processadores de Combustível*, constituindo esta opção a alternativa tecnológica actualmente mais explorada, sendo as fontes actualmente mais utilizadas, o gás natural, propano, metanol e gasolina [Burns, 2001]. A produção de hidrogénio ocorre à medida que este vai sendo consumido pela FC, não havendo a necessidade de se efectuar o seu armazenamento. O sistema de funcionamento de uma FC integrada é assim constituído por (figura 3.14):

1. Um Processador de Combustível *("Fuel Processor").*
2. A unidade de conversão de hidrogénio em electricidade DC (Pilha de Combustível) *("Power Production Section").*
3. Um conversor de potência de DC para AC *("Power Conditioner").*

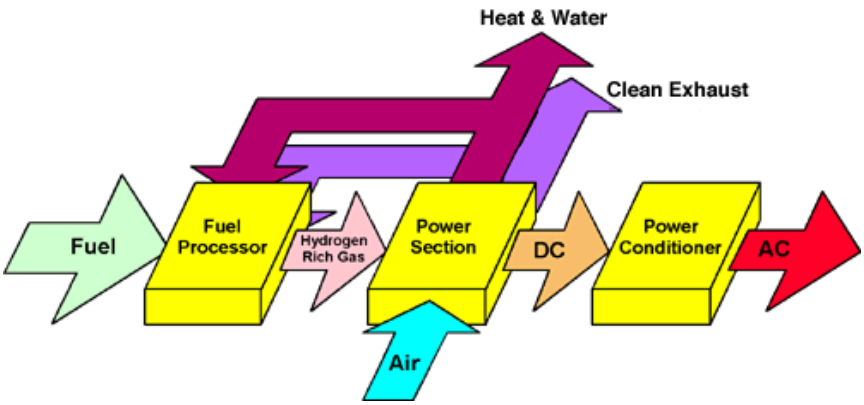


Figura 3.14 - Esquema de um sistema tradicional de geração de energia com FC.
Fonte: (http://www.dodfuelcell.com).

[20] Pois seria sempre necessária mais energia eléctrica para produzir hidrogénio do que a electricidade depois recuperada.

Alternativas para obtenção de Hidrogénio

A. Na actualidade, cerca de 95% de todo o hidrogénio utilizado é produzido a partir de gás natural, por um processo designado por *"steam reformer"*, que constitui o método mais eficiente e limpo de produção conhecido [Milliken, 1999]. A principal reacção que ocorre neste processo é a seguinte:

$$CH_4 + 2H_2O \rightarrow 4H_2 + CO_2 \qquad (4)$$

Podemos ver da equação anterior que, para além da obtenção de moléculas de hidrogénio no estado puro ($4H_2$), há a libertação de dióxido de carbono (CO_2) como subproduto.

B. O hidrogénio pode também ser obtido pela gaseificação do carvão ou biomassa, estando no entanto associadas a esta operação a libertação de grandes quantidades de CO_2.

C. Uma outra forma de obter hidrogénio é através da electrólise da água. A energia eléctrica necessária para efectuar esta separação pode ser obtida a partir de outros combustíveis fósseis, o que representa uma perca de eficiência, ou aproveitando energias renováveis como a hídrica, solar e eólica [Stuart, 2000]. Com as tecnologias de electrólise mais recentes, esta transformação pode ser efectuada com uma eficiência energética da ordem dos 90%, o que constitui uma alternativa interessante para a produção de hidrogénio no estado puro [Irvin, 2000].

D. Prevê-se ainda que num horizonte temporal mais alargado, o hidrogénio possa também vir a ser produzido por métodos fotoquímicos e fotobiológicos, havendo actualmente grandes projectos de investigação em curso nestes domínios ([Miozzo(a), 2000], [DOE_1, 1995] e [Melis, 2000]).

Como facilmente se compreende, com a tecnologia tradicional, o *Processador de Combustível* constitui um elemento crucial para o bom desempenho do sistema. Quanto mais eficiente este for, e mais puro o hidrogénio por ele produzido, tanto maior será a eficiência global do sistema e melhor o seu funcionamento [HBT, 2000].

2. Células de Combustível com *Utilização Directa do Combustível ("DFC")*

As FC com utilização directa de combustível constituem uma tecnologia mais recente, e permitem transformar directamente a energia química dos combustíveis em electricidade, sem a necessidade de um Processador de Combustível externo. Utilizam uma filosofia assente em electrólitos sólidos com funcionamento a elevadas temperaturas, que permitem que dentro de cada célula as moléculas do combustível sejam decompostas nos seus elementos constituintes, e libertados electrões. Existem já disponíveis vários tipos de FC a utilizar este conceito, nomeadamente as *SOFC*, as *MCFC* e as *DMFC*, que analisaremos com algum detalhe adiante.

A maior vantagem desta tecnologia é a de uma maior simplificação nos sistemas das FC, uma vez que se suprime a existência de um *Processador de Combustível* externo. São mais compactas, há uma redução do número de peças, do potencial de avarias e dos custos de manutenção, e ainda a capacidade para operarem com uma grande diversidade de combustíveis

de uma forma extremamente simplificada. Os principais objectivos das empresas que trabalham no desenvolvimento desta tecnologia visam produzir sistemas que possam utilizar os combustíveis fósseis hoje mais difundidos (como a gasolina, o diesel, o metanol e o gás natural), de modo a aproveitar as sinergias da economia actual para a penetração destas tecnologias, nomeadamente aproveitando as infra-estruturas e redes de distribuição já instaladas, permitindo uma transição gradual das tecnologias de combustão para as tecnologias das FC.

Constituem exemplos de grupos e empresas já muito evoluídos neste domínio, com aplicações na geração estacionária e no sector dos transportes, os casos da Siemens [SOFC(a), 2001], dos grupos Renault, Nissan e Peugeot [Godfrey(a), 2001], sendo de salientar também os grandes esforços desenvolvidos neste domínio por empresas australianas.

3. Células de Combustível *alimentadas a combustíveis sólidos metálicos*

Uma outra tecnologia bastante recente, no domínio das FC, são as *Células de Combustíveis alimentadas a combustíveis sólidos metálicos, SMFC - "Solid Metal Fuel Cells"*. Estas utilizam como combustíveis e electrólitos alguns metais, caracterizados por libertarem electrões com facilidade. Uma das empresas líderes desta tecnologia é a Evonyx [Freid, 2000], que afirma conseguir produzir unidades de geração de energia eléctrica a um décimo do custo das fontes mais competitivas, com uma densidade de energia 5 vezes superior e um tempo de vida útil 10 vezes maior que o das FC com tecnologias concorrentes. Os custos divulgados pelo fabricante para esta tecnologia são da ordem dos 100 USD por kW instalado. Além disso, podem produzir--se em qualquer tamanho, com formas idênticas às de um cartão de crédito, a todos os tamanhos normalizados hoje utilizados nas tecnologias de baterias e pilhas electroquímicas. Estas destinam-se maioritariamente a aplicações portáteis, onde seja exigida uma grande simplicidade de operação, elevada relação potência/peso e facilidade de recarga de combustível. As aplicações típicas são todo o tipo de equipamentos móveis, telemóveis, PC portáteis, câmaras de filmar, máquinas fotográficas, brinquedos, motorizadas e bicicletas assistidas com motor eléctrico, aparelhos para jardinagem (cortadores de relva, aparadores, moto-serras), etc. Por exemplo, a Electrolux™ tem já à venda um aspirador que integra esta tecnologia ([Harrod, 2001], [Colborn, 2000], [Osbek, 2000] e [Fillinger, 2000]).

Diferentes tipos de FC existentes

Os vários tipos de FC existentes, dentro dos três grupos atrás referidos, são caracterizados essencialmente pelo tipo de electrólito e de combustível que utilizam, bem como pelas suas temperaturas internas de operação [Swirbul, 2000]:

1. **PAFC** - Células de Combustível de Ácido Fosfórico ("Phosphoric Acid Fuel Cells")

Este é o tipo de FC mais antigo, e com maior desenvolvimento comercial, cujo electrólito é de ácido fosfórico (H_3PO_4) e com eléctrodos de carbono, sendo a sua temperatura de funcionamento de cerca de 200 ºC. A escolha por este electrólito deve-se ao facto de possuir uma boa tolerância aos combustíveis obtidos a partir de hidrocarbonetos. A sua eficiência eléctrica é da ordem dos 40%, que sobe para 85% se for utilizado o calor produzido.

Um dos exemplos de maior sucesso com base nesta tecnologia é o da ONSI [ONSI, 2000], com o modelo PC25™, que possui uma capacidade de 200 kW, alimentado a gás natural. Encontra-se já aplicado num grande número de instalações, que vão desde edifícios de escritório (várias unidades instaladas no *World Trade Center*, destruídas em 11 de Setembro de 2001), centros de computação, escolas, aeroportos, hospitais, casas de saúde, hotéis, lares de idosos, bem como em aplicações móveis como automóveis (PC9 com 50 kW), autocarros, navios e locomotivas [Miglio, 1999].

2. PEMFC - Células de Combustível de Membrana de Permuta de Protões ("Proton Exchange Membrane Fuel Cells")

São também conhecidas por FC de polímero sólido, devido ao facto de o seu electrólito ser constituído por uma membrana de polímeros sólidos (NafionR), semelhante ao Teflon, com eléctrodos de Platina. Têm uma temperatura de operação da ordem dos 80 ºC, possuindo uma elevada densidade de potência, bem como uma resposta bastante rápida às solicitações de carga, sendo ideais para aplicações automóveis. Os rendimentos eléctricos obtidos são da ordem dos 40 a 50% [Sources, 2000]. Este é o tipo de tecnologia eleita, actualmente, pelo maior fabricante mundial de FC para a indústria automóvel, a empresa canadiana *Ballard Power Systems Inc.* [Rosenberg, 2000].

3. SOFC-DFC - Células de Combustível de Óxidos Sólidos Fundidos ("Solid Oxide Fuel Cells")

Este tipo de FC é um dos mais recentes, sendo altamente promissor, pois trata-se de uma DFC. A sua temperatura de funcionamento é da ordem dos 900 a 1000 ºC, permitindo que a célula decomponha internamente a estrutura molecular do combustível, libertando electrões. O electrólito empregue é o óxido de zircónio (ZrO_2/Y_2O_3) no estado sólido, sendo também conhecidas por FC de electrólito cerâmico. O seu rendimento eléctrico pode atingir os 60% a 70%. As principais aplicações desta tecnologia encontram-se em estações de produção de energia em locais remotos, centrais de produção de energia de pequena e grande dimensão com CHP (incluindo a propulsão de navios), bem como em sistemas de comunicações remotos, nomeadamente antenas de telemóveis, sistemas de comunicações via satélite, etc. [SOFC(b), 1999]. A Siemens, em associação com a Whestinghouse, possui várias destas FC em operação com rendimentos eléctricos da ordem dos 46% [SOFC(c), 2000].

4. AFC - As Células de Combustível Alcalinas ("Alacaline Fuel Cells")

É o tipo de tecnologia utilizado pela NASA e ESA nas missões espaciais. Possui a particularidade de não emitir qualquer poluente e produzir água potável, para ser utilizada a bordo pelas tripulações. Apresentam um bom coeficiente de segurança e um rendimento eléctrico muito elevado, na casa dos 70%. O electrólito empregue é de hidróxido de potássio (KOH), sendo a temperatura de funcionamento da ordem dos 40 a 90 ºC. A sua maior desvantagem é a de serem muito caras e os elementos combustíveis, oxigénio e hidrogénio, terem de estar num estado puro, pois este tipo FC não tolera impurezas [Sources, 2000].

5. MCFC-DFC - Células de Combustível de Carbonatos Fundidos ("Molten Carbonate Fuel Cells")

As FC de carbonatos fundidos são também muito recentes, e prometem rendimentos eléctricos da ordem dos 50%, que chega a atingir os 80% no caso do aproveitamento do calor libertado. O electrólito é de carbonatos de potássio fundidos (K_2CO_3/Li_2CO_3), tendo uma temperatura de funcionamento da ordem dos 650 a 700 ºC. Considerando as elevadas temperaturas de operação, podem funcionar sem pré-tratamento do combustível. Actualmente também estão a ser dados os primeiros passos para que esta tecnologia possa trabalhar directamente com gases obtidos do carvão, sendo uma tecnologia com potencial bastante promissor fundamentalmente para grandes unidades fixas com CHP. Até há pouco tempo era uma tecnologia demasiado cara para aplicações comerciais, mas diversas melhorias no processo de construção levam a que este tipo de FC possa vir também a ser utilizado com sucesso [Sources, 2000].

6. DMFC-DFC - Células de Combustível de alimentação Directa a Metanol ("Direct Metanol Fuel Cells")

Estas FC utilizam como combustível o oxigénio e metanol, tendo este último uma utilização directa sem pré-tratamento, embora não estejam envolvidas temperaturas de funcionamento muito elevadas (80 a 130 ºC). O rendimento eléctrico obtido é na ordem dos 40%, podendo os electrólitos ser alcalinos ou ácidos. Dada a simplicidade desta FC, a facilidade de armazenamento do metanol e a ausência de perigosidade deste combustível, esta tecnologia é também uma das escolhidas por alguns fabricantes de FC para a indústria automóvel [Rosenberg, 2000].

Utilização de FC para armazenamento temporário de energia

O princípio de armazenamento de energia baseado no uso de FC, está a criar uma nova área tecnológica, que será desenvolvida na secção 3.4 onde falaremos das *Células de Combustível Regenerativas* ("Regenerative Fuel Cells" – RFC), mas que merece também nesta secção uma referência especial. Consiste basicamente em, através da electrólise, efectuar a separação do hidrogénio e oxigénio da água, armazenando estes elementos. A energia assim armazenada pode posteriormente ser utilizada para alimentar uma FC e voltar a produzir energia eléctrica, quando esta for necessária ou ainda para alimentar directamente veículos automóveis, ou aviões, que utilizem FC, ou mesmo MCI, alimentados directamente com hidrogénio [Jouanne, 2000].

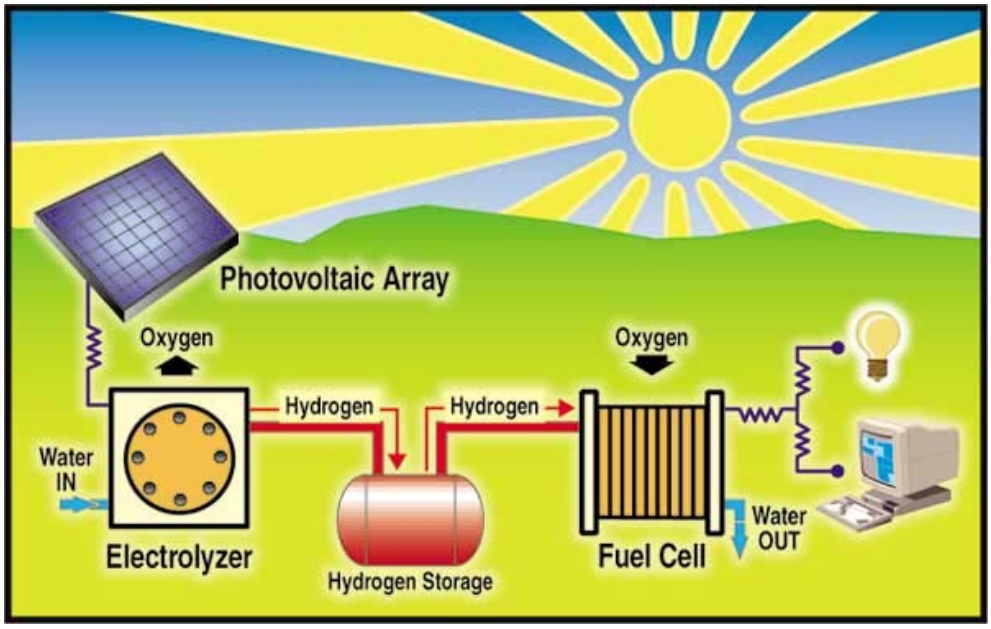


Figura 3.15 - Ciclo da produção de hidrogénio com energia solar.
Fonte: (http://www.humboldt.edu/~serc/solarh2cycle.html).

No sentido de fomentar o desenvolvimento de infra-estruturas para o abastecimento de hidrogénio, alguns construtores automóveis estão já a fabricar veículos com MCI alimentados com este combustível. São disso exemplos a Ford, com o projecto universal P2000, baseado no modelo *Focus*, a adoptar uma motorização com esta tecnologia [P2000, 2001] e a BMW com o modelo *735 iH*.

O armazenamento temporário de hidrogénio constitui uma alternativa altamente atractiva para o armazenamento de energia proveniente das fontes limpas actualmente em fase de grande expansão, como a eólica e a solar, pois devido à variabilidade das suas fontes primárias, estas nem sempre estão disponíveis quando são necessárias, nem com os valores de potência exigidos. Um sistema que possa ir convertendo a energia eléctrica gerada pelas fontes referidas em hidrogénio, para depois fornecer novamente energia eléctrica, quando esta é necessária, será de uma grande utilidade e constitui um factor muito importante para a crescente utilização destas fontes limpas (figura 3.15).

Síntese das FC analisadas

Tabela 3.2 - Síntese das várias FC analisadas.

Tipo ➔	PAFC Ácido Fosfórico	PEMFC Membrana de Permuta de Protões	SOFC Óxidos Sólidos DFC	AFC Alcalinas	MCFC Carbonatos Fundidos DFC	DMFC Alimentação Directa a Metanol DFC	SMFC Alimentação com Combustíveis Sólidos Metálicos DFC
Temperatura de operação. (ºC)	200	80	900 - 1000	40 - 90	650 - 700	80 - 130	20
Electrólito	Ácido Fosfórico H_3PO_4	Polímero NafionR	Cerâmico Óxido de Zircónio ZrO_2/Y_2O_3	Hidróxido de Potássio KOH	Carbonatos de Potássio e Lítio fundidos K_2CO_3/Li_2CO_3	Alcalinos ou Ácidos	Alcalinos
Combustível	H_2 (Processado)	H_2 (Processado)	H_2 / CO/CH_4 DFC	H_2/O_2 Puros	H_2 / CO DFC	H_2 DFC	Zinco e Alumínio
Processamento de combustível	Externo	Externo	Interno / Externo	Externo	Interno / Externo	Interno / Externo	Interno
Oxidante	O_2 / Ar	O_2 / Ar	O_2 / Ar	O_2	CO_2 / O_2 / Ar	Metanol	O_2 / Ar
Rendimento Eléctrico	40 %	40 a 50 %	60 %	70 %	60 %	36 %	40 %
Rendimento CHP	85 %	40 a 50 %	70%	70 %	80%	40 %	---
Tamanho Típico	200 kW	50 kW	20-250 kW	10-100 kW	1-10 MW	1W-250 kW	0.01 - 100 kW
Estágio de desenvolvimento	Disponível comercialmente	Disponível comercialmente	Disponível e R&D	Disponível comercialmente	Disponível e R&D	Disponível e R&D	Disponível e R&D
Aplicações	Estacionárias, Autocarros, Locomotivas	Automóvel	Estacionárias	Portáteis	Estacionárias Acima de 250 kW	Automóvel, Portáteis	Automóvel, Portáteis
Empresas lideres de desenvolvimento	IFC (ONSI)	HPOW, PRTN,PLUG	Siemens	IFC, ZEVCO, NASA	FCEL	BLDP, MDTL	Evonyx

Evolução dos custos associados às FC

De acordo com as estimativas apontadas (figura 3.16), a partir de 2002 as PAFC terão um custo por kW instalado inferior ao das *Turbinas Eólicas*. Estima-se também que por volta de 2008 este seja muito próximo dos valores das tecnologias dos MCI e das CCC. Podemos também constatar que o custo estimado da *Tecnologia Solar Fotovoltaica* continua ainda, comparativamente, muito elevado.

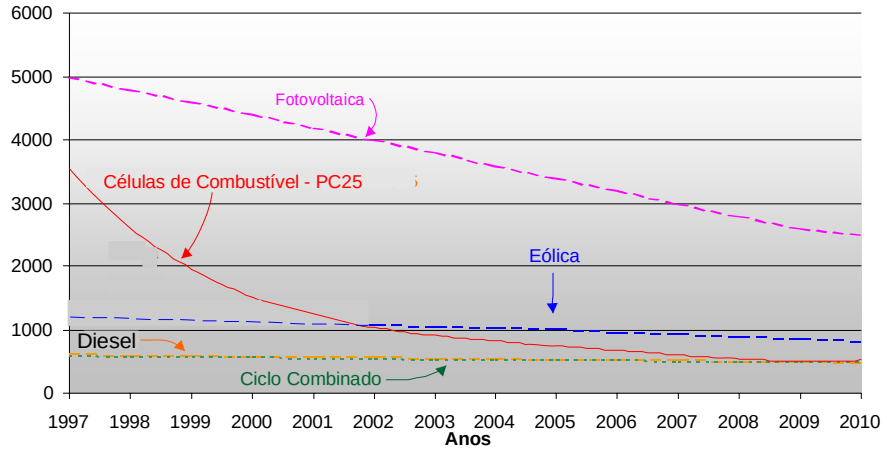


Figura 3.16 - Evolução comparativa do preço (em USD/kW) para a FC actualmente mais difundida (PC25™ da ONSI) face a outras tecnologias de GD.
Fonte: (Adaptado do site da ONSI - http://www.onsicorp.com).

Evolução da penetração das FC na indústria automóvel

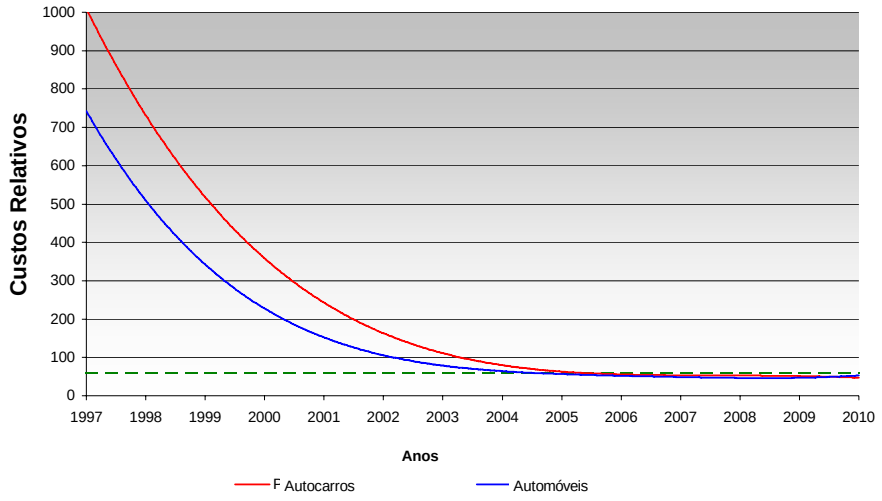


Figura 3.17 - Evolução dos custos relativos a aplicações de FC em Automóveis e Autocarros, relativamente aos custos da tecnologia diesel tradicional (linha horizontal --------).
Fonte: (Adaptado do site da ONSI - http://www.onsicorp.com).

Como se pode ver a partir da figura 3.17, em 2004 estarão criadas as condições para que a tecnologia das FC comece gradualmente a substituir os MCI, decorrendo daí a enorme aposta que todos os construtores automóveis têm vindo a efectuar nesta área tecnológica, visando uma rápida penetração de novas tecnologias, baseadas em FC, no sector automóvel (figura 3.18).

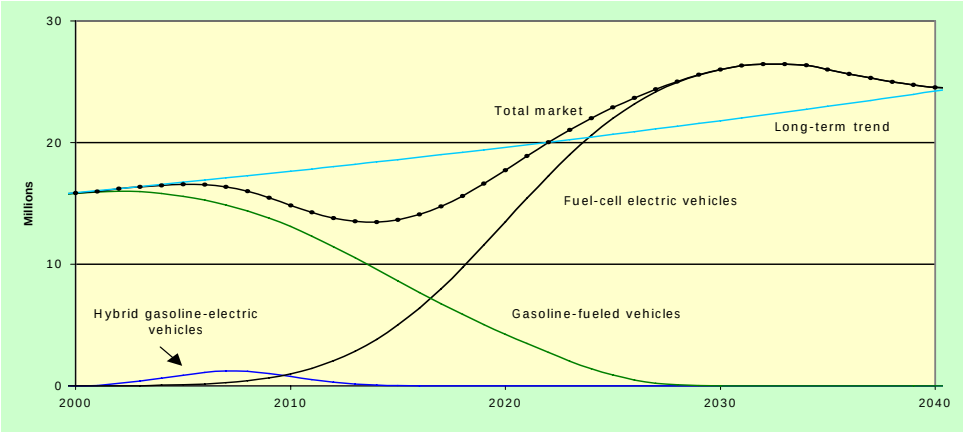


Figura 3.18 - Estimativas de evolução das tecnologias de propulsão automóvel em face do desenvolvimento das FC.
Fonte: (Frost & Sullivan, Berkeley, CA, USA, 2000).

A partir de 2004 inicia-se portanto a comercialização de veículos eléctricos, com base em FC, e acentua-se a diminuição das vendas de veículos com tecnologia de combustão, alimentados a gasolina. Prevê-se ainda que por volta de 2016 os mercados com base nas duas tecnologias sejam idênticos em termos do volume de vendas. O mercado de veículos híbridos (gasolina--eléctricos), actualmente em início de comercialização, terá, como se observa, uma expressão muito pequena, de acordo com estas projecções.

Evoluções no sector residencial

Relativamente aos custos desta tecnologia para o mercado residencial, segundo informações divulgadas por especialistas da Fuel Cell Technologies, Ltd. (FCT), estes situam-se em 2001, para a maioria das alternativas de FC disponíveis, por volta dos 1500 USD por kW. Mas, à medida que se iniciam as produções em massa e evoluem os processo de fabrico (o que está já a acontecer), espera-se que estes desçam muito rapidamente para os 1000 USD por kW. O grande objectivo dos construtores é o de que estes se possam situar, num prazo de 5 a 6 anos, abaixo do 500 USD por kW [Gangi(a), 2001].

A empresa americana *H Power*™ estabeleceu em 2000 uma parceria histórica com a Energy Co-Opportunity (ECO), um consórcio constituído por cerca de 900 cooperativas rurais dos EUA, para o fornecimento de 12.300 das suas *RCU ("Residential Co-Generation Units")* com FC (10 kW, com tecnologia PEMFC alimentada a propano ou gás natural), correspondendo esse negócio a um investimento global de 81 milhões de USD. Com este acordo, o preço de cada unidade de 10 kW desce para os 6.580 USD, ao que corresponde um custo de 658 USD por kW instalado (se considerarmos o valor da potência de pico - 10 kW), ou de 1.463 USD/kW (se considerarmos o valor da potência nominal - 4,5 kW) [Isnard, 2001]. Segundo as estimativas

deste fabricante, os preços das suas unidades irão situar-se entre os 3.000 a 4.000 USD para cada RCU, num prazo de 6 a 7 anos (o que põe novamente em causa as estimativas acima descritas, avançadas pelos especialistas da FCT [Gibbard, 2001].

Ainda segundo estimativas da Fuel Cell Technologies, Ltd., o período de retorno *("payback")* para uma aplicação residencial típica da *RCU de 10 kW*, a preços de 2001, é de 4 anos [Gangi(a), 2001].

Apostas mais recentes dos fabricantes no mercado residencial

Decorrente da grande aposta de muitos dos fabricantes nesta tecnologia, à medida que o tempo passa, a ideia com que se fica é a de que todas as estimativas efectuadas, pelos gabinetes de estudos mais credíveis, para a penetração desta tecnologias e a introdução de inovações, vão sendo sempre antecipadas. Referiremos em seguida algumas das apostas mais importantes para o mercado doméstico, algumas já em fase de comercialização, extraídas de [Gangi(a), 2001]:

- A *Global Thermoelectric Inc.*, tem já disponível, mas ainda em fase de testes, uma unidade baseada numa SOFC de 2,3 kW, alimentada a gás natural, com aproveitamento CHP para aquecimento de águas domésticas, destinada ao mercado residencial americano;
- A *Avista Labs* e a *International Fuel Cells Inc*. apostam no desenvolvimento de unidades de geração baseadas em PEMFC para o mercado residencial e dos pequenos serviços;
- A *Ida Tech* aposta na tecnologia DMFC, com uma potência de 3 kW, prevendo o início de comercialização a nível mundial, em 2003 [Ashton, 2000]. A distribuidora francesa EDF adquiriu já alguns destes exemplares, para desenvolver testes com esta tecnologia [Guggenheim, 2001];
- A *Plug Power* em associação com a *General Electric* e a *Vaillant* dispõe também já de uma unidade de GD baseada numa FC de 5 kW, com tecnologia PEMFC, alimentada a gás natural, com aproveitamento CHP, para o mercado doméstico.

Uma outra ideia inovadora, adiantada por alguns investigadores neste domínio, prende-se com o facto de no futuro os automóveis serem alimentados a partir de FC, com potências da ordem dos 40 a 50 kW. Na eventualidade de vir a ser assim, quando nos encontramos em casa, esse gerador pode ser utilizado para fornecer electricidade em situações de emergência ou de modo permanente (para o caso de habitações temporárias), uma vez que o automóvel integra dentro dele um gerador permanentemente disponível; dando origem ao que os promotores da ideia designam por ***"Portable Power Plant on Wheels"***. Esta opção pode parecer actualmente pouco convincente, mas segundo especialistas do EPRI estes geradores distribuídos podem vir a contribuir com cerca de 20% da capacidade de geração global por volta de 2050 [Eby, 2001].

Um outro domínio de aplicação inovador de FC, muito recentemente divulgado, é o da sua utilização na produção de energia para propulsão de aeronaves tripuladas. A empresa *FASTec* encontra-se a desenvolver esta tecnologia com aplicação no avião *Lafayette III*, estando previstos os primeiros voos experimentais para Outubro de 2002 [Gangi(b), 2001], informação actualizada em http://www.aviationtomorrow.com.

Análise crítica das tendências e futuros desenvolvimentos das FC

Da análise muito atenta que temos vindo a efectuar sobre a evolução da tecnologia das FC nos últimos 3 a 4 anos, é nossa convicção de que, no futuro mais próximo, as maiores apostas tecnológicas irão concentrar-se nos seguintes domínios:

1. *Aperfeiçoamento da actual tecnologia das DFC*. As *SOFC*, *MCFC*, *DMFC* e *SMFC* uma vez aperfeiçoadas, possuem grandes vantagens relativamente às alternativas que necessitam de processador de combustível externo. Neste âmbito, os pontos críticos para o aperfeiçoamento desta tecnologia são os da obtenção de electrólitos capazes de operarem com elevada eficiência durante um longo período, sem degradarem significativamente o seu desempenho, e o de, quem sabe, virem também a ser desenvolvidas novas moléculas (a partir dos tradicionais combustíveis fósseis), capazes de maximizar a eficiência energética, os designados *CHF ("Clean Hydrocrabon Fuels")* [Toyota, 2001];

2. *Procura de novas fontes de hidrogénio*. As novas formas de obtenção de hidrogénio irão também continuar a ser uma das áreas de I&D extremamente importantes, sobretudo numa perspectiva temporal mais alargada, pois todas as tecnologias actualmente em fase de grande expansão/exploração continuam a depender essencialmente dos combustíveis fósseis. ***O hidrogénio não constitui uma nova fonte de energia, mas sim uma forma diferente de transportar energia,*** tal como a electricidade ou a gasolina, com algumas características específicas [Duncan, 2000];

3. *Desenvolvimento de novas formas de armazenamento de hidrogénio*. A necessidade de novas formas de armazenamento de hidrogénio, mais seguras e económicas, quer para as funções de armazenamento de energia sob esta forma de combustível, quer para o colocar a bordo de veículos automóveis e aeronaves é também vital. Actualmente a tecnologia mais promissora consiste na utilização de *hidretos metálicos ("metal hidrydes")*, um material que absorve e armazena átomos de hidrogénio (à temperatura e pressão ambiente) na sua estrutura e os liberta de uma forma controlada e segura. Esta tecnologia encontra-se a ser desenvolvida pela *Ovonic*™ e está já em fase de testes na indústria automóvel para a alimentação de veículos com base em FC e em MCI alimentados a hidrogénio [Ovonic, 2001];

4. *Hibridização desta tecnologia com tecnologias de armazenamento de energia e outras*. Irá também assistir-se a uma integração crescente desta tecnologia de GD com as novas tecnologias de armazenamento de energia (descritas na secção 3.4), nomeadamente com os *Super Condensadores* e as *"Flywheels"*, que as dotarão de uma capacidade de resposta mais adequada à maioria das aplicações.

Para a geração de hidrogénio, há quem preveja que este pode ser no futuro produzido logo à saída dos furos de petróleo ou gás natural, transportando depois só o hidrogénio para os locais de consumo.

Decorrente das evoluções em curso, a GD irá alterar radicalmente a forma como conhecemos hoje o sector eléctrico. No futuro poderemos ter, no limite, uma FC a alimentar não cada instalação, mas cada receptor individual. Poderemos até possuir várias FC dentro de um mesmo dispositivo, com cada a alimentar uma dada carga específica. Há quem afirme que esta tecnologia irá causar no sector eléctrico uma (re)evolução/transformação de muito maior amplitude que a provocada pela micro-informática no sector dos serviços e da automatização universal de todas as actividade e processos, desde o início dos anos 80 [Freid, 2000].

Sem que tenha sido até hoje muito visível para a comunidade civil, esta tecnologia (a par com a biotecnologia e a nanotecnologia) é uma das mais disputadas do planeta na actualidade [Hiemstra, 2001]. Todas as empresas nela envolvidas encontram-se a trabalhar com o máximo das suas capacidades para conseguir obter vantagens competitivas, porque apesar de o mercado potencial ser imenso, a corrida já começou e a luta pelas melhores soluções e conquista dos mercados está já a ser muito renhida.

Previsões do Departamento de Energia dos EUA (DOE)

Segundo previsões do DOE, divulgadas em 1999, existiriam quatro etapas na introdução e comercialização das FC:

Etapa 1: Até ao ano 2000 introdução das PAFC;

Etapa 2: Até 2003 comercialização de uma segunda geração de FC, introduzindo o conceito de gás natural a alta temperatura com as MCFC (650 ºC) e as SOFC (1000 ºC), capaz de atingir 60% de eficiência eléctrica, com emissões muito baixas e cerca de 40.000 horas de funcionamento entre grandes intervenções;

Etapa 3: Até 2010 introdução da comercialização de *sistemas híbridos* (associação de DFC com microturbinas), capazes de atingir rendimentos eléctricos da ordem dos 70 a 80%;

Etapa 4: Antes de 2015, comercialização das células do século XXI, usando uma composição de estado sólido e técnicas de fabrico bastantes avançadas, para serem atingidos 80% de rendimento eléctrico, sem emissões poluentes, 40.000 horas de vida e um custo de instalação inferior a 400 dólares por kW.

Se algumas destas previsões vão ou não ser confirmadas só o tempo o dirá, mas como podemos constatar pelo descrito na subsecção 3.3.4 (página 96), a etapa 3 ***está a ser atingida já em 2001!***

Síntese final sobre as FC

Depois de tudo o que foi referido ao longo desta secção, podemos concluir que as FC estão já a provocar uma grande revolução no sector eléctrico (o futuro é já hoje!), são a tecnologia melhor posicionada para endereçar, em simultâneo, as exigências ambientais, de qualidade e fiabilidade, e de geração local à medida das necessidades e novas exigências dos clientes. As grandes vantagens decorrentes da sua utilização são:

- Capacidade de geração de energia com alta qualidade e fiabilidade (adequada a todo o tipo de utilizações, e muito especialmente às exigências do mercado e da economia digital);
- Grande redução do impacto associado às tecnologias de geração tradicionais sobre o meio ambiente, nomeadamente a redução de emissões de óxidos de enxofre e azoto, monóxido e dióxido de carbono;
- Redução do custo global da factura energética (a prazo), devido à maior eficiência e menor impacto ambiental desta tecnologia, e diminuição das perdas de transporte.

As FC constituirão no futuro, juntamente com as fontes renováveis (solar, eólica, e novas tecnologias de produção de hidrogénio), as fontes de electricidade da humanidade para a maioria das aplicações.

Algumas das principais organizações e fabricantes de FC

O número de empresas envolvidas no fabrico desta tecnologia e dos componentes que a integram é hoje enorme. Por consulta da *Fuel Cell Directory* (2000), uma publicação em CD-ROM da Fuel Cells 2000 (http://www.fuelcells.org), foram contabilizadas, por alto, cerca de 1200 organizações a nível mundial que estão a trabalhar nesta área. Em seguida apresentam-se os endereços da Internet de algumas das mais conhecidas.

- International Fuel Cells/ONSI http://www.internationalfuelcells.com
- Ida Tech http://www.northwestpower.com
- Avista Labs http://www.avistalabs.com
- Global Thermoelectric http://www.globalte.com
- Plug Power http://www.plugpower.com
- GE Microgen http://fuelcellnetwork.bham.ac.uk
- H Power http://www.hpower.com
- Siemens/Westinghouse http://www.pg.siemens.com
- Fuel Cell Energy http://www.ercc.com
- Ballard Power Systems http://www.ballard.com
- Evonyx http://www.evonyx.com.

3.3.4 Sistemas híbridos constituídos por Células de Combustível e Microturbinas

O princípio de funcionamento dos sistemas híbridos assenta essencialmente na associação de uma microturbina a uma DFC *("Direct Fuel Cell")*, com a particularidade de não existir queima adicional de combustível na microturbina. Como referimos na subsecção 3.3.3, onde analisámos os principais tipos de FC actualmente em desenvolvimento e exploração, uma das características das DFC é a de operarem com temperaturas internas bastante elevadas (da ordem dos 700 a 1000 ^{o}C) e de expelirem o ar a essas temperaturas para a atmosfera quando os processos não necessitam desse calor, representando este facto um grande desperdício de energia. Se parte desse calor puder ser aproveitado para gerar electricidade, advém daí uma eficiência adicional. É essa a filosofia dos sistemas híbridos, aproveitar o calor que na maioria das aplicações de produção de electricidade não é utilizado.

O funcionamento dos sistemas híbridos consiste num conjunto de permutadores de calor que aproveitam a energia térmica libertada pela DFC para accionar uma microturbina, que converte parte da mesma em energia mecânica, e esta depois em electricidade. Segundo informações divulgadas pelos fabricantes, este segundo estágio de aproveitamento permite aumentar a eficiência do sistema (DFC + microturbina) em cerca de 10 a 15% [FCE, 2001].

As principais vantagens resultantes desta associação são:

- *Maior economia de combustível:* A eficiência eléctrica destes sistemas é actualmente da ordem dos 70% e prevê-se que com os desenvolvimentos em curso se possam vir a atingir os 80%. Este facto permite que sejam possíveis reduções muito significativas no consumo de combustíveis, comparativamente com as tecnologias de combustão convencionais, onde os rendimentos são da ordem dos 30 a 35%, ou mesmo nos das CCC, que não vão além dos 63% [Osborbe, 2000];
- *Maiores benefícios ambientais:* Devido ao desenho do sistema, apesar de este integrar uma microturbina, não ocorre nele qualquer combustão (o consumo do combustível é efectuado apenas na DCF), advindo daí que a emissão de óxidos de azoto (NO_X) é inferior a 0,5 ppm, e a emissão de SO_X e CO nula. A taxa de emissão de CO_2 é ainda menor do que se for considerada a DFC isolada, devido à maior eficiência atingida pela junção das duas tecnologias;
- *Simplicidade de funcionamento:* Este sistema integra a grande simplicidade da tecnologia das DFC, eliminando a necessidade do Processador de Combustível Externo. A microturbina apresenta também um funcionamento muito simplificado, e com grandes intervalos entre manutenções, uma vez que não ocorre nela qualquer combustão;
- *Boa capacidade de adaptação à carga e elevada fiabilidade:* O estágio da microturbina pode ser utilizado para seguimento das variações na solicitação de carga, através do armazenamento de energia numa *"Flywheel"* ou num banco de *Super Condensadores* a ela acoplados (analisado em pormenor na secção 3.4);
- *Grande diversidade na utilização de combustíveis:* Tal como com as DFC, estes sistemas podem utilizar uma grande diversidade de combustíveis. Os sistemas actuais utilizam

sobretudo gás natural, mas também metanol, etanol, biogás, ou qualquer outro combustível que contenha metano, poderá vir a ser utilizado [Vision21, 2000].

A Siemens/Westinghouse (figura 3.19) aposta na tecnologia das DFC baseada nas SOFC, sendo a DFC produzida pela Siemens e a microturbina produzida pela Ingersoll Rand [Samuelson, 2000]. Possui uma primeira geração comercial de equipamentos híbridos, com uma potência de 220 kW, a funcionar de forma ininterrupta desde Dezembro de 1997 (com mais de 24.000 horas de operação), sendo o rendimento eléctrico divulgado para estes sistemas da ordem dos 46%. Prepara-se para instalar, também na Europa, e a partir de 2002 alguns sistemas com os avanços mais recentes desta tecnologia, nomeadamente em Essen (Alemanha) e Alexandria (Itália). Os novos sistemas são constituídos por unidades de 300 kW, alimentadas a gás natural, sendo 250 kW produzidos pela SOFC e 50 kW produzidos pela microturbina [Casanova, 2000].

Encontram-se ainda em desenvolvimento unidades de maior capacidade, que se preparam para a fase de comercialização na Europa, Japão e EUA, com a capacidade de 1 MW [Siemens, 2001].

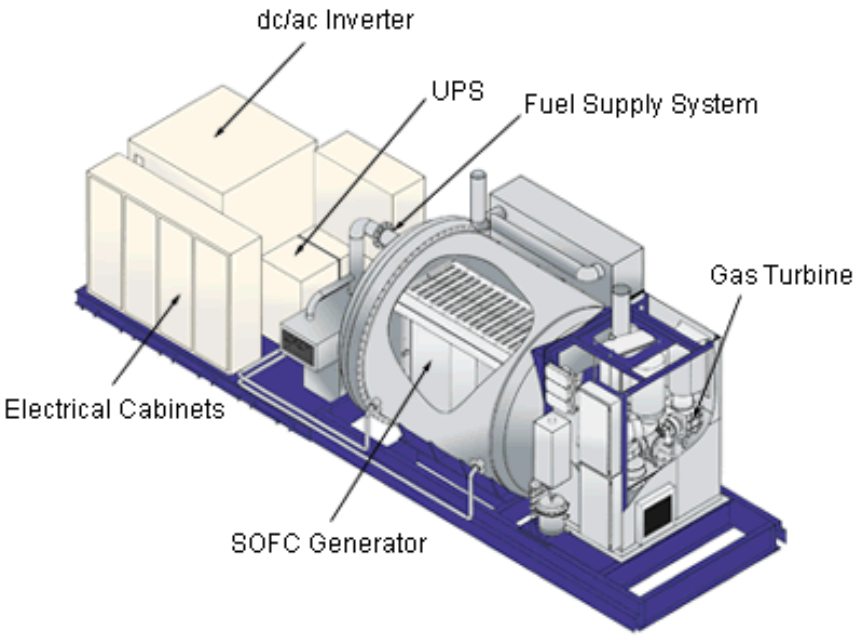


Figura 3.19 - Componentes do sistema híbrido DFC/Microturbina da Siemens/Westinghouse. Fonte: (http://www.pg.siemens.com/en/fuelcells/hybrids).

3.3.5 Motores Stirling

Os Motores Stirling (MS) constituem, segundo a opinião de muitos especialistas, uma outra alternativa com elevado potencial para a geração de electricidade de forma distribuída, à medida que as impactos ambientais das tecnologias tradicionais vão ganhando cada vez maior relevância [Tierney, 2000]. Trata-se de uma tecnologia descoberta em 1816 por Sir Robert Stirling, cuja invenção constitui até hoje a máquina termodinâmica mais eficiente alguma vez construída, para a conversão directa de calor em trabalho mecânico, apresentando um rendimento teórico da ordem dos 40%, produzindo níveis muito baixos, ou mesmo nulos, de emissões poluentes e baixíssimos níveis de ruído [Stine, 2001].

Embora não constitua nossa pretensão aprofundar aqui esta tecnologia, descreveremos no entanto o princípio básico do seu funcionamento.

A impressão imediata com que se fica ao conhecer o funcionamento dos MS é a de uma grande admiração pela eficácia e espantosa simplicidade do seu sistema mecânico. Mas, apesar dessa simplicidade, a compreensão do seu funcionamento interno é algo complexa e explicada por um ciclo termodinâmico (ciclo de Stirling), ilustrado na figura 3.20.

Descrição do funcionamento

Todo o MS é constituído por um sistema com pelo menos dois cilindros (câmaras), onde existe um gás sob pressão (geralmente hidrogénio, hélio ou ar) e dois êmbolos que se deslocam neles, possuindo este sistema uma elevada estanquicidade. O gás contido nesse espaço fechado pode movimentar-se entre as duas zonas, consoante a fase do funcionamento em que o motor se encontra.

Para que o MS produza trabalho mecânico necessita apenas que haja uma fonte quente e uma fonte fria (representadas respectivamente à esquerda e à direita na figura 3.20), ou seja um diferencial térmico entre duas zonas ou superfícies.

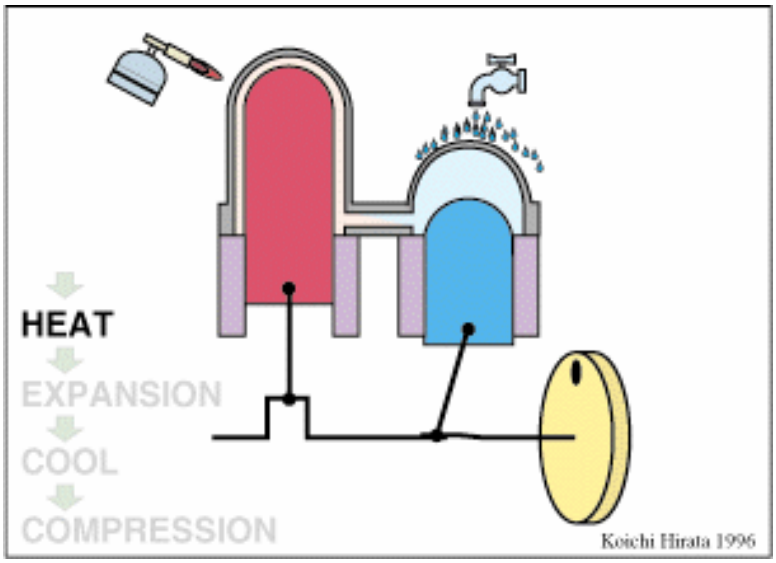


Figura 3.20 - Princípio de funcionamento do motor Stirling.
Fonte: (http://www.stirlingengine.com/piston_a.htm).

O seu ciclo de funcionamento é composto por quatro fases: Aquecimento, Expansão, Arrefecimento e Contracção, que se desenvolvem da seguinte forma:

- A chama fornece, por transferência de calor, energia à câmara quente. O volume do gás dentro desta aumenta, e este expande-se. Essa expansão provoca a descida do êmbolo e a *realização de trabalho mecânico*;
- Simultaneamente, o êmbolo frio (que se encontra ligado ao êmbolo quente pelo sistema mecânico de biela-cambota) desce também, e parte do gás aquecido passa da câmara quente para a câmara fria;
- Ao entrar na câmara fria, o gás contrai-se, diminuindo o seu volume e baixando a pressão dentro desta câmara, o que faz com que o êmbolo frio suba, *realizando trabalho mecânico*;
- Simultaneamente com este movimento de subida do êmbolo frio, o êmbolo quente desce e o gás transita novamente para a câmara quente, onde é aquecido, dando inicio a um novo ciclo.

A energia é assim transferida entre a câmara quente e a câmara fria pelo gás utilizado e através do mecanismo de interligação mecânica entre os dois êmbolos [Sesusa, 2001]. É de salientar que o desfasamento entre os deslocamentos dos êmbolos quente e frio é de 90° (1/4 de rotação), podendo informação detalhada sobre este sistema ser consultada em [Puig, 1992].

Vemos assim que com esta tecnologia o diferencial de temperatura entre dois pontos pode facilmente ser convertido em trabalho. A fonte de calor pode ser obtida pela queima de qualquer combustível, mas pode também ser proveniente do Sol ou de qualquer outra fonte, bastando apenas que exista um diferencial entre uma zona quente e uma zona fria. A capacidade de realizar trabalho depende obviamente da diferença entre as temperaturas da zona quente e fria, mas esta não necessita obrigatoriamente de ser muito elevada.

O número de instituições a desenvolver investigação nesta área é hoje enorme, com domínios de aplicação que abrangem também uma grande diversidade de sectores, que vão desde a microgeração de electricidade com aproveitamento CHP, propulsão de submarinos, bombagem de água em zonas desérticas, aparelhos de ar condicionado, sistemas de liquefacção (criogenização) de hélio, hidrogénio e azoto, etc. [Wright, 2000].

Esta tecnologia encontra-se também a ser já utilizada em alguns países, nomeadamente nos EUA, para a produção de electricidade em regiões desérticas. De modo a conseguirem-se maiores eficiências nos sistema de aproveitamento solares, são utilizadas diferentes tecnologias de concentradores de calor, que permitem atingir temperaturas da zona da câmara quente na ordem dos 600 a 700 ^oC (figura 4.21) [Harris, 2001].

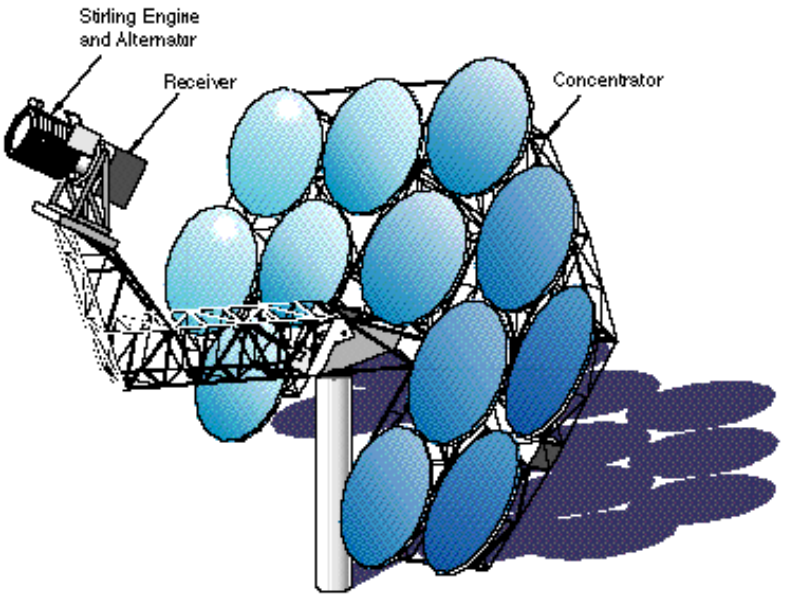


Figura 3.21 - Imagem de um sistema concentrador solar com MS, da *Stirling Energy System*™.
Fonte: (http://www.stirlingenergy.com/photo_galery/Solar_Engine.htm).

Não pretendendo aprofundar mais o desenvolvimento desta tecnologia neste trabalho, adiantamos que uma das grandes apostas da comunidade científica actual com a sua aplicação, é a de que, à medida que as células de combustível e todas as tecnologia em torno do hidrogénio vão adquirindo maior importância, ela poderá *constituir também uma alternativa para produção de hidrogénio através da electrólise da água*, já referida em secções anteriores. Poderiam assim implementar-se sistemas espalhados pelo terreno com capacidade autónoma de produzirem localmente hidrogénio, que poderia ser utilizado, como foi já referido também, para gerar electricidade através das FC, ou alimentar directamente veículos automóveis com FC ou MCI alimentados a hidrogénio.

3.3.6 Aposta nas energias renováveis (Solar e Eólica)

Pelo que foi referido ao longo desta secção, podemos concluir que, apesar das tecnologias de geração que utilizam fontes renováveis constituírem ainda uma pequena parcela da capacidade de produção de electricidade instalada, elas estão em grande expansão. As principais motivações para este interesse devem-se sobretudo as razões de ordem ambiental e aos mecanismos que incentivam hoje a aposta neste tipo de tecnologias, como por exemplo a acumulação de créditos de emissões evitadas, que poderão a breve prazo ser comercializados em bolsa.

Devido aos inconvenientes tradicionalmente apontados às fontes eólica e solar, relativos à sua variabilidade, estas tecnologias eram consideradas bastante desadequadas para alguns tipos de aplicações, bem como fontes de grandes perturbação na gestão das redes (caso dos grandes parques eólicos). Mas, devido aos avanços conseguidos nos últimos anos na área das tecnologias

de armazenamento de energia (que analisaremos na secção 3.4), alguns desses inconvenientes estão gradualmente a ser superados.

Uma outra ideia que tem vindo a conquistar terreno é a de *parques mistos*, consistindo estes na junção das tecnologias eólica e solar. Existe já um parque com estas características instalado no Hawai, com uma potência da ordem de 225 MW (175 MW de capacidade gerada por painéis solares fotovoltaicos e 50 MW por turbinas eólicas) [PowerLight, 2001].

Segundo a opinião de especialistas, a década de 90 constituiu um período de grandes progressos na tecnologia de GD com base na *energia eólica*, sendo esta hoje uma tecnologia madura e em fase de grande expansão a nível mundial, com uma taxa de crescimento anual da ordem dos 28,5% [Jones, 2001]. E, segundo esses mesmos especialistas, na década actual (2000-2010) iremos assistir a um grande desenvolvimento nas tecnologias de geração com base na energia solar, através das tecnologias fotovoltaica, térmica e Stirling, conseguindo o aumento da sua eficiência, robustez, e uma redução nos custos, idêntica à observada na década anterior para as tecnologias eólicas [Prieto, 2001].

Como consequência de todos os factores impulsionadores referidos para a proliferação do uso de energias renováveis, da emergência de uma consciência colectiva mais ambientalista, têm vindo a surgir, um pouco por todo o mundo, empresas especializadas no fornecimento de *"energia verde"*, produzida com base em fontes com as características referidas e a um nível de emissão ambiental quase nulo. Cita-se neste contexto, meramente a título de exemplo, um projecto recentemente divulgado no estado do Minnesota (EUA), que utiliza uma abordagem do mercado inovadora, e que, apesar de praticar um preço de venda do kWh mais elevado que o praticado pelas distribuidoras que fornecem energia produzida a partir de combustíveis fósseis, tem a sua capacidade de entrega completamente contratada [Jonhson, 2001].

3.3.7 Análise comparativa das diferentes tecnologias

Nesta subsecção efectuamos uma síntese e análise comparativa das principais características associadas às tecnologias de GD analisadas nas subsecções anteriores, centrada nos seguintes domínios:

- Eficiência energética das diferentes tecnologias;
- Custos relativos por kW instalado;
- Impactos resultantes das emissões ambientais.

A apresentação de valores objectivos nestes domínios constituiu um objectivo difícil de concretizar, devido à rapidez observada na evolução destas tecnologias, dificuldade de acesso a resultados de investigação suportada por empresas com fins comerciais, e ao secretismo (natural) dos fabricantes, que só divulgam informação de forma parcial. Todos os dias surgem diferentes valores, que seguem no entanto uma tendência comum, que é a de apresentarem uma *redução sistemática do custo das tecnologias* e uma *melhoria da sua fiabilidade, eficiência* e *desempenho ambiental*.

A. Eficiência energética

A tabela seguinte, divulgada pelo EPRI, em 4 de Setembro de 2001, apresenta uma síntese das principais características das tecnologias de GD analisadas nesta subsecção.

Tabela 3.3 - Informação relativa à eficiência energética e outros dados das diferentes tecnologias de GD.

DISTRIBUTED-POWER TECHNOLOGIES				
Technology	**Size Range**	**Operation**	**Efficiency**	**Availability**
Reciprocating Engine (gas or diesel)	500 kw-5 Mw	Internal combustion	30-36%	Commercial
Industrial Gas Turbine	1-50 Mw	Internal combustion	30%-39% in simple cycle; 60% in combined cycle	Commercial
Wind Turbine	500 kw-1.5 Mw	Wind-powered	20-50%	Commercial
Solar Photovoltaic	≤500 kw Depends on array size	Direct generation from sunlight	5-12%	Late emerging stage
Microturbine	25 kw-1 Mw	Internal combustion	20-28%	Early emerging stage
Phosphoric-Acid Fuel Cell	200 kw	Electrolytic process	40% simple 80% cc	Commercial applications
Proton-Exchange Membrane Fuel Cell	1 kw-1 Mw	Electrolytic process	40%	Demonstration stage
Molten-Carbonate Fuel Cell	250 kw-10 Mw	Electrolytic process	55%	Demonstration stage
Solid-Oxide Fuel Cell	1 kw-10 Mw	Electrolytic process	45-50% simple >65% cc with gas turbine	Development stage
Fuel Cell-Gas Turbine Hybrid	<1-20 Mw	Electrolytic process with waste-heat utilization	>65%	Demonstration stage

Fonte: Electrical Power Research Institute. (http://www.enr.com/new/coverstry_40901.asp).

A figura seguinte, extraída do site da *FuelCell Energy*™, apresenta informação idêntica, relativamente às eficiências energéticas de cada uma das tecnologias.

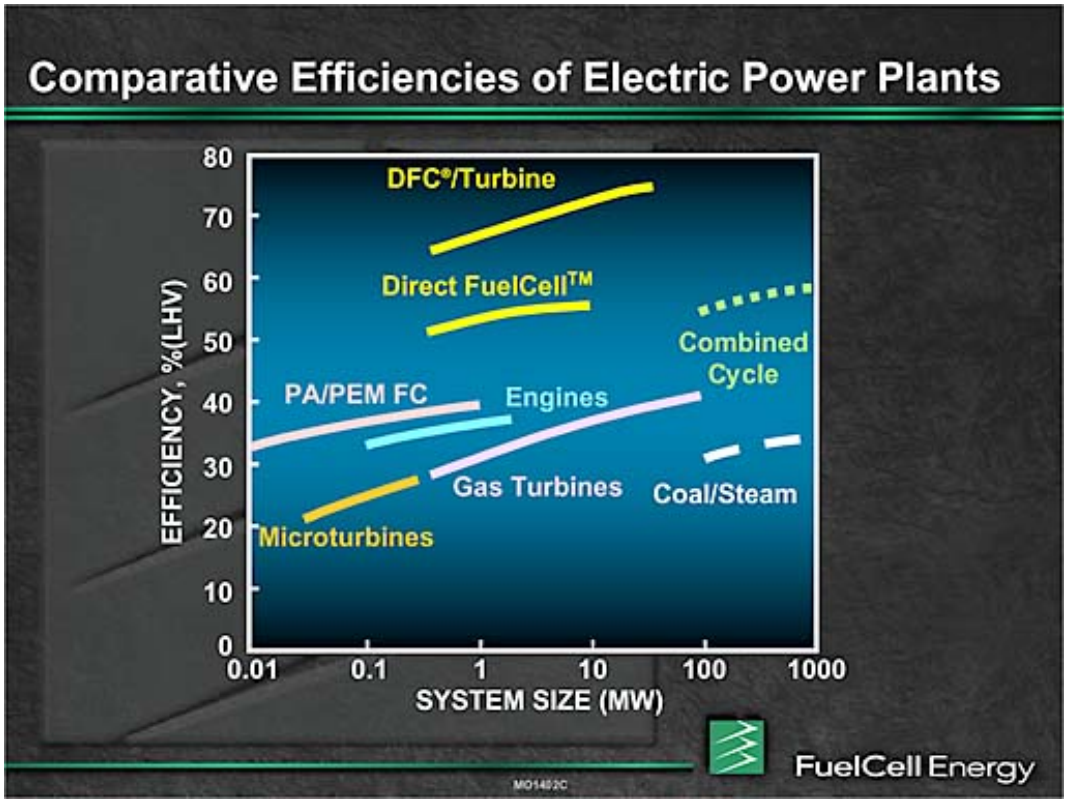


Figura 3.22 - Eficiência energética comparativa das diferentes tecnologias.
Fonte: (FuelCell Energy - http://www.fuelcellenergy.com).

Destaca-se sobretudo a elevada eficiência energética associada à *tecnologia híbrida* (DFC + Microturbina), face a todas as outras tecnologias de GD analisadas. Realçamos ainda a semelhança entre a eficiência das *DFC* comparativamente com a *tecnologia de Ciclo Combinado* (a tecnologia térmica mais eficiente e actualmente em fase de grande expansão), com a grande vantagem de os impactos ambientais das *DFC* serem inferiores.

A Tabela 3.4 evidencia os baixíssimos níveis de emissão de poluentes das tecnologias em torno das FC, bem como o custo baixo (por kW instalado) das SMFC, cerca de 100 USD por kW, tecnologia que desempenhará um papel muito importante em aplicações portáteis.

B. Tabela 3.4 - Custos por kW instalado e níveis de emissões ambientais das diferentes tecnologias.

			Emissões em kg/MWh				
Tipo (Combustível)	**Eficiências**	**Custos [1] USD/kW**	**CO_2**	**NO_X**	**SO_2**	**CO**	**ppm**
Motores de Combustão (Diesel)	36 - 43 % eléctrico 80 - 85 % c/ CHP	300	650 - 850	5 - 20	0.2 - 1.5	0.2 4.5	0.2 - 1.5
Motores de Combustão (Gás natural)	35 - 42 % eléctrico 80 - 85 % c/ CHP	400	490 - 550	0.15 - 3.0	Desprezável	1 - 4.5	± 0.3
Microturbinas (Gás natural)	25-36 % eléctrico 80 - 85 % c/ CHP	600	650 - 900	0.1 . 07	Desprezável	0.15 - 0.9	> 0.015
Células de Combustível (Hidrogénio extraído do Gás natural)	40 a 70 % eléctrico 85% c/ CHP	800 - 3000	400 - 700	< 0.025	0	0.005 - 0.06	Desprezável
Células de Combustível (SOFC/Microturbina)	65 % eléctrico 85% c/ CHP	2000	300 - 600	< 0.025	0	0.003 - 0.05	Desprezável
Células de Combustível com Combustíveis Sólidos Metálicos (SMFC)	40 %	100	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
Turbina Eólica	20 - 50 %	800 - …	0	0	0	0	0
Solar Fotovoltaico	5 - 18 %	4000 - …	0	0	0	0	0
Turbinas a Gás Ciclo Combinado	Até 63%	500	350 - 450	0.065 - 0.5	Desprezável	0.025 - 0.55	0.015 - 1.5

[1] Os custos variam significativamente, dependendo da potência instalada, do local e das exigências de interligação.

(*) Libertados, ou não, pelos processos de produção de electricidade utilizada para a regeneração dos combustíveis metálicos (zinco e alumínio).

Fonte: *Distributed Generation* (http://www.distributed-generation.com/tecnhologies.htm) e [Greene, 2000].

3.5 Transporte, distribuição e utilização da electricidade em corrente contínua

Como analisámos de forma sucinta na secção 2.2, uma das principais razões para a P&T&D e utilização da electricidade sob a forma de AC deve-se à maior facilidade com que, sob esta forma, ela é transformada para diferentes valores de tensão, em máquinas estáticas (transformadores) a fim de minimizar os custos das perdas e das infra-estruturas, tornando economicamente viável o seu transporte para grandes distâncias.

Como referimos também na secção 3.3, hoje em dia uma percentagem significativa e cada vez mais elevada da electricidade (Tabela 3.1) é produzida nos locais de consumo - ou muito próximo destes - nos seus valores de utilização (com as tecnologias de GD já descritas), não se justificando num número cada vez maior de situações, a elevação dos valores da tensão para minimizar os custos associados ao transporte.

Por outro lado, como foi também já referido, a grande maiorias das cargas modernas integra componentes com electrónica de potência (as *FAC* e os *VEV* referidos em 3.2), sendo estes responsáveis pelo consumo de uma percentagem cada vez maior de toda a electricidade produzida. A tensão AC aplicada (tradicionalmente com 400 V, 50 Hz) é convertida em tensão DC numa operação que representa sempre algumas perdas. Ora, se a energia tem que ser hoje convertida à entrada dos receptores para tensão DC, para quê produzi-la em AC, se essa característica já não é necessária para a sua transformação e transporte, nem para as aplicações finais, e só representa perdas e custos adicionais? Esta é a principal razão para a crescente utilização dos sistemas de distribuição e utilização da electricidade e corrente contínua. Os grandes Parques de Servidores de Internet *("Internet Server Farms")* e os grandes Bancos de Dados *("Data Hotels")* são já alimentados em tensão DC, gerada localmente [Armistead, 2001], verificando-se que esta ideia, apesar de estar ainda numa fase inicial de implementação, vem ganhando cada vez mais consistência, à medida que cada vez mais cargas são alimentadas por sistemas dependentes de UPS, das classes referidas em 3.3, e a energia é produzida, ou passa numa fase intermédia do processo, por tensão DC (considerem-se os casos das tecnologias de GD atrás referidas, as células de combustível, as microturbinas, etc.).

A P&T&D de electricidade em DC permite assim suprir os andares inversores à saída dos geradores e os andares rectificadores à entrada das cargas, podendo, se devidamente enquadrada, obter-se daí ganhos em eficiência, redução dos custos dos equipamentos, simplificação na operação dos sistemas de distribuição e minimização das perturbações introduzidas na qualidade da energia nas instalações.

Neste âmbito descrevemos, a título de exemplo, um caso particular, mas extremamente vulgarizado. Constata-se que num edifício tradicional com escritórios ou numa empresa de serviços, as cargas são hoje maioritariamente constituídas por: *1. Iluminação de alto rendimento*, que é alimentada internamente em DC; *2. Sistemas de ar condicionado com "inverter"*, que são alimentados internamente em DC; *3. Elevadores* accionados por VEV, que são alimentados internamente em DC e *4. Equipamento informático e de telecomunicações*, computadores (e servidores), impressoras, fotocopiadoras, central telefónica e equipamentos de telecomunicações digitais; integrando todos estes FAC que utilizam internamente tensão em DC. Assim, se em vez de a distribuição de energia nestes edifícios ser efectuada em AC para as cargas consideradas

críticas, existir uma instalação em DC, ligada a um sistema de alimentação de energia de alta fiabilidade, todos os receptores referidos podem ser alimentados em DC, advindo daí economias muito significativas.

A ideia acima descrita para o sector dos serviços, é também já aplicada no sector industrial. Neste as tarefas de controlo e grande parte do accionamento eléctrico (100% em algumas actividades) são hoje efectuadas por unidades de controlo digitais e por VEV. Existem já instalados em muitos sectores, e unidades industriais, linhas de distribuição em tensão contínua (um BUS em DC), comuns a todos os VEV ou a um grupo que esteja associado às funções mais críticas, ligado a um rectificador da tensão que vem do exterior, comum a todas as cargas, e simultaneamente a uma unidade de geração interna, que injecta energia nesse BUS, na eventualidade de detecção de perturbações vindas da rede (cavas, micro-cortes, interrupções longas, etc…). Esta capacidade de fornecimento de energia é geralmente suportada com as *novas tecnologias de armazenamento de energia* analisadas na secção 3.4, para os fenómenos de curta duração, e em *unidades de GD* do tipo das referidas na secção 3.3, para o fornecimento durante as interrupções longas.

A distribuição e utilização de energia em corrente contínua apresenta uma tendência de implantação crescente, e será cada vez mais difundida à medida que continuarem a proliferar as tecnologias de GD e as cargas que operam internamente com tensão DC (hoje designadas por não lineares).

3.6 Utilização de novos materiais nos equipamentos eléctricos

Como foi já referido ao longo desta dissertação, hoje a grande maioria dos receptores eléctricos não utiliza a electricidade na forma como a recebem da rede de distribuição ou como é disponibilizada pelas baterias ou qualquer outra tecnologia de GD. A energia é quase sempre convertida antes de ser utilizada, sendo esta operação cada vez mais efectuada por componentes electrónicos de estado sólido (electrónica de potência). Devido ao enorme impacto deste facto, constitui uma grande preocupação da comunidade científica actual melhorar de uma forma integrada e muito significativa a eficiência energética e a qualidade de todos os equipamentos directamente envolvidas na P&T&D e utilização de electricidade, em simultâneo com uma possível diminuição dos custos dessas tecnologias. Estima-se que o potencial de redução dos consumos decorrentes dessas melhorias, ao longo de todas as fases do processo, seja da ordem dos 30% relativamente aos valores verificados com as tecnologias actuais [Hester, 2000].

De entre todas as áreas de intervenção, as investigações em curso na área da *Engenharia de Materiais* desempenham também hoje um papel fundamental nas novas tecnologias ao serviço da qualidade da energia eléctrica. Apesar de este ser um domínio muito vasto, e em parte coberto pela análise efectuada na secção 3.2, a respeito dos novos componentes electrónicos e filosofias responsáveis pelo consumo da electricidade, há duas outras áreas com especial impacto que queremos referir. *Materiais supercondutores* e *materiais amorfos*.

Materiais supercondutores

A utilização de materiais *supercondutores* a altas temperaturas HTS *("High Temperature Superconductors")*, refrigerados a azoto líquido, está a provocar uma grande revolução no sector, fazendo-se esta sentir com maior relevância nos seguintes domínios:

1. *Armazenamento de energia eléctrica:* Já descrito na secção 3.4.2, para o armazenamento de energia eléctrica em bobinas supercondutoras (SMES);
2. *Construção de componentes electrónicos:* Permitem a construção de componentes de potência e de processamento de informação extremamente compactos, caracterizadas pela ausência de mecanismos de dissipação de calor [EREN, 1999];
3. *Construção de transformadores:* Capacidade para a construção de transformadores caracterizados por uma maior eficiência energética, baixa impedância interna, tamanho e peso muito inferiores, redução dos custo de operação e concorrentes no preço com as tecnologias actuais. São sistemas secos (não utilizam óleos), os cabos internos são refrigerados por azoto líquido e possuem por isso um muito menor impacto ambiental [Yurek(a), 1999].
4. *Construção de motores:* Outra grande área de aplicação da supercondutividade é no domínio das tecnologias de accionamento, nomeadamente de novas classes de motores eléctricos de muito alto rendimento. Há a referir nestes domínios as informações recentemente divulgadas pela líder mundial desta tecnologia, a *American Superconductor*™, que possui já há alguns anos no mercado motores fabricados pela *Rockwell*™ com potência de 1.000 hp e acaba de anunciar o lançamento de novas unidades com 5.000 hp, apresentando rendimentos na ordem dos 98%, com um custo idêntico ao da tecnologia tradicional, extremamente compactos (ocupando um espaço de entre 1/2 a 1/5 da actual tecnologia) [Yurek(b), 2001]. Também a *Siemens*™ anunciou em 2001 o lançamento do seu primeiro motor eléctrico com tecnologia supercondutora, com uma potência de 400 kW [Siemens(a), 2001];
5. *Construção de geradores:* Utilizam bobinas supercondutoras em vez de ímanes de ferro, tornando-os desse modo com muito menores dimensões, peso, e muito mais eficientes. Uma equipa liderada pela *American Superconductor*™ e a *General Electric* ™ tem já a funcionar protótipos de 100 MVA, com esta tecnologia [Lake, 1999];
6. *Construção de equipamento de protecção de linhas:* Podem construir-se sistemas altamente eficientes na drenagem de correntes anormais detectadas nas linhas, provocadas por exemplo por descargas atmosféricas, fugas à terra resultantes da quebra de cabos ou postes de T&D [Leung, 2000];
7. *No transporte de energia:* Na transmissão de energia em zonas altamente congestionadas (sem espaço para a instalação de cabos tradicionais), devido à saturação de condutas é à impossibilidade ou viabilidade para a sua expansão. Aí o transporte de energia em DC, através de cabos supercondutores, pode resolver o problema, sendo esta uma das áreas estudadas pela empresa detentora desta tecnologia, a *American Superconductor*™, em associação com um dos maiores fabricantes mundiais de cabos, a *Pirelli*™ [Razelli, 2001]. As vantagens proporcionadas pela supercondutividade neste domínio não são tanto ao

nível da maior eficiência no transporte, onde se consegue a eliminação das perdas eléctricas, mas onde há em simultâneo um aumento dos custos decorrente da necessidade de refrigeração dos cabos; mas sim na capacidade de transmitir muito maiores quantidade de energia, através de condutas onde a tecnologia tradicional atingiu o seu limite [Daley(a), 1999];

8. Implementação de unidades de processamento de informação altamente integradas e que suportam velocidades de processamento da ordem dos 100 GHz, muito superiores às das tecnologias tradicionais [Darren, 2000].

Segundo a opinião de Roy Barnes, a tecnologia dos supercondutores a altas temperaturas, promete efectuar na transmissão de energia eléctrica uma revolução da mesma ordem de grandeza da provocada pelas fibras ópticas na transmissão de informação no sector das comunicações [Barnes, 2000].

Materiais amorfos

A utilização de novos materiais com propriedades magnéticas muito evoluídas, designados por *materiais amorfos*, permite a construção de máquina eléctricas convencionais (transformadores e máquinas rotativas) com perdas e índices de THD muito baixos, pelo facto de estes exibirem um ciclo histerético de grande linearidade e com uma área muito pequena [Ling, 1999].

3.7 Evolução das tecnologias de monitorização, telemedida e controlo

Nesta secção analisamos algumas das evoluções com maior impacto na área das tecnologias de monitorização e medida. Abordaremos *as novas exigências e tendências* desta área, e *algumas das mais recentes evoluções tecnológicas no domínio dos transdutores* utilizados para a captura de grandezas eléctricas nos sistemas de T&D.

3.7.1 Funções suportadas pelos novos aparelhos de medida

À medida que o movimento da qualidade progride no sector do fornecimento de energia eléctrica, através de uma crescente exigência de qualidade e fiabilidade por parte dos clientes, da entrada em vigor de nova regulamentação da qualidade de serviço, e da evolução do processo de liberalização, as tecnologias de monitorização e medida desempenham um papel cada vez mais importante e têm vindo também a acompanhar este movimento. Até há relativamente poucos anos, a aparelhagem de monitorização e medida era exclusivamente constituída por aparelhos electromecânicos muito simples; os tradicionais Voltímetros, Amperímetros, Wattímetros, Fasímetros etc., e os *contadores de energia*, ainda predominantes, cujas funções eram unicamente as de mostrar ou contar, para efeitos de facturação, as unidades de energia eléctrica

(kWh) entregues ao cliente. Hoje, devido às novas exigências e realidades, já referidas, é fundamental que "esses" aparelhos integrem um conjunto de novas funcionalidades, obrigando--os a serem muito sofisticados e a adquirirem uma nova designação, a de *Medidores da Qualidade da Energia* ou *"Power Quality Meters"* [Gibson, 2001]. As funções exigidas a estes aparelhos podem agrupar-se em torno das seguintes áreas:

1. Capacidade de monitorização contínua e de registo de eventos, com produção automática de relatórios

Capacidade de recolha, armazenamento e processamento de uma grande quantidade de informação, em tempo real, relacionada com todas as grandezas da qualidade da energia, de modo a permitir a sua monitorização, análise e controlo, tais como: valores de tensão e corrente, fluxo de harmónicos, registo de interrupções, sobretensões, cavas, picos (e também a contagem da energia fornecida), por forma a poder monitorar-se de forma contínua se a qualidade da energia que está a ser entregue ao cliente se encontra, em cada instante, dentro dos limiares predefinidos [Schaughnessy, 2000].

2. Geração automática de índices da qualidade de serviço ("PQ index") e determinação da tendência de evolução

Alguns dos novos aparelhos possuem, para além das tradicionais funções de monitorização e medida, uma *capacidade preditiva* de alguns problemas com a qualidade da energia, característica esta que é hoje fundamental para minimizar as consequências dos mesmos e actuar de forma antecipada, pois se os problemas puderem ser previstos com alguma antecedência podem ser evitados. Esta capacidade consiste em os sistemas irem gerando *índices da qualidade de serviço ("PQ index"),* com base na informação actual e acumulada, que vão sendo utilizados para análise de tendências e desencadear acções correctivas, de forma atempada, caso seja necessário. Se, por exemplo, se verificar que numa dada instalação os *índices da qualidade* estão a degradar-se ou a atingir limites de preocupação, o sistema pode, de forma automática ou através da informação dada a um operador, provocar o deslastre de cargas ou de clientes não críticos (de forma imposta, ou através do envio de uma notificação para que estes tomem determinadas acções preestabelecidas, de modo a corrigir a progressiva degradação do *"PQ index"* e evitar o colapso do sistema), a provocar a entrada em serviço de capacidade de geração adicional, ou ainda a desencadear qualquer outra acção que conduza o *"PQ index"* para os seus valores normais [Daish, 2001]. Uma estratégia com estas características está a ser seguida, desde o Verão de 2001, no estado da Califórnia, para que o gabinete coordenador do sistema possa notificar atempadamente e de forma automática, com recurso às novas tecnologias de comunicação disponíveis (como o e-mail, e os sistemas de envio de mensagens escritas para Pagers e Telemóveis) os clientes, a fim de tomarem precauções de conservação de energia quando os consumos estejam a conduzir para a possibilidade de colapso do sistema. O organismo coordenador recebe informação sintetizada, a partir do sistema de medida instalado no terreno, toma com ela decisões e difunde-as para os clientes através dos meios referidos. A informação de um eminente apagão, enviada para um dado grupo de clientes com capacidade de GD, levará

estes a arrancarem com os seus sistemas, a aliviar a carga e a contribuir de forma eficiente para evitar essa ocorrência, beneficiando todos com isso [Baheti, 2001].

3. Garantir o cumprimento dos standards da qualidade do serviço ou das condições acordadas com cliente especiais

Devido às elevadas exigências de alguns clientes, e à existência de cláusulas contratuais que penalizam pesadamente as distribuidoras no caso de incumprimentos da qualidade de serviço contratada, é fundamental para estas, também do ponto de vista económico, a existência de um sistema de monitorização, registo e comunicação eficaz, que garanta o cumprimento efectivo da qualidade acordada, ou simplesmente dos RQS e dos *Standards* (por exemplo o cumprimento das curvas CBEMA/ITIC ou Semi F45).

4. Suporte de capacidades evoluídas de interface e comunicação

De modo a garantir acesso rápido a toda a informação gerada localmente, a um baixo custo, as novas classes de aparelhos possuem uma grande diversidade de interfaces com comunicação bidireccional, de onde se destacam os suportados por tecnologia com fios, e por tecnologia sem fios.

Dentro das tecnologias com fios, podemos referir os seguintes tipos:

- Sistemas integrados em Redes Locais Industriais (LAN), possuindo um endereço físico que pode ser lido pelo sistema SCADA de controlo das mesmas e integrada a informação, com protocolos como o Modbus, ou via RS-232, RS-485 [ION, 2001];
- Ligados a redes WAN, tipo Ethernet, com um endereço TCP/IP que pode ser endereçado a partir de qualquer ponto autorizado da Internet;
- Através de uma ligação por linha telefónica, com um modem;
- Com a tecnologia Gateway [Duval, 2000].

Porém, a tendência de evolução no domínio dos *interfaces das comunicações com estes aparelhos,* aposta sobretudo na tecnologia sem fios. Segundo especialistas, as aplicações de monitorização e leitura com base nesta alternativa irão marcar a grande diferença neste conturbado e altamente competitivo sector. Nos mercados e regiões onde as redes de comunicações móveis (GSM e outras) se encontram muito difundidas, está a ser uma das opções dos fabricantes, dotar a sua aparelhagem de medida de um interface GSM, com uma enorme simplificação ao nível da instalação ([Robertshaw, 2001], [Plagemann, 2001] e [Reckleff, 2000]).

A telemedida ao nível dos pequenos clientes constitui também uma opção muito desejada. Esta pode ser implementada através de novos tipos de contadores, que já existem, integrando um *Chip* GSM, que pode ser contactado de forma automática pelos computadores da empresa distribuidora, durante os períodos de baixo tráfego na rede GSM (durante a noite) com um custo por leitura muito baixo. Uma outra funcionalidade destes sistemas pode ser a leitura conjunta de várias leituras pelo mesmo aparelho (consumos de electricidade, gás e água, por exemplo). O

maior obstáculo à sua disseminação está no custo de instalação, comparativamente elevado com as tecnologias electromecânicas actualmente em exploração.

Segundo a opinião de alguns peritos, os sistemas modernos de monitorização da qualidade da energia constituem para as empresas distribuidoras e clientes especiais um investimento altamente justificável, comparativamente às consequência de não optar pela sua instalação [Schaughnessy, 2000].

3.7.2 Novas tecnologias utilizadas ao nível dos transdutores de medida

Uma grande inovação introduzida recentemente na área dos transdutores de medida consiste na utilização de uma tecnologia que utiliza princípios optoelectrónicos, por oposição à tecnologia tradicional dos Transformadores de Corrente (TI) e Transformadores de Tensão (TT) que utilizam princípios electromagnéticos. Esta é desenvolvida pela *NXTPhase*™, e baseia-se na aplicação de investigação desenvolvida pela *Honeywell*™, com provas de grande sucesso dadas na construção de giroscópios de fibras ópticas para as indústrias aeronáutica e militar [Blake, 2000].

Princípio de funcionamento

Os transdutores para a medição de corrente e tensão da *NXTPhase*™, apesar de serem dispositivos ópticos, funcionam também com base no efeito de Faraday (figura 3.44). A corrente que flui no condutor cria um campo magnético que, através do efeito de Faraday, vai fazer alterar o plano de polarização do feixe de luz que circula na malha de fibra óptica que o envolve. Essa alteração *é directamente proporcional* ao fluxo de corrente abraçado pela malha de fibra óptica. A sua medição pela optoelectrónica do sensor (foto detector) permite assim a medição da corrente utilizando um princípio que apresenta grande número de vantagens relativamente à tecnologia tradicional.

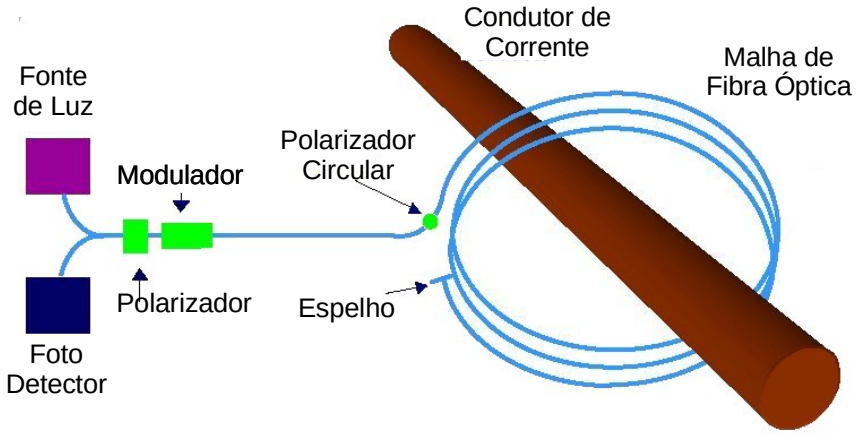


Figura 3.44 - Transdutor de corrente de fibra óptica da NXTPhase™.
Fonte: **(**Adaptado de (http://www.nxtphase.com/nx3a.htm).

O princípio permite efectuar tanto a medição de corrente, com o modelo *"NXCT - Optical Current Transducer"*, como de corrente e tensão (utilizando o mesmo transdutor), com o modelo *"NXVCT - Optical Voltage&Current Transducer"*, (figura 3.45) para valores de corrente de 1 A aos 63 kA e de tensão dos 40 kV aos 765 kV.

As principais vantagens desta tecnologia, relativamente à dos TI e dos TT tradicionais, são:

1. *Grande precisão dos sistemas de protecção e medida:* A performance destes sistemas excede todos os requisitos hoje estabelecidos para esta classe de aparelhagem;
2. *Integração das funções de medida e protecção no mesmo aparelho:* Permitem que o mesmo aparelho seja utilizado para as funções de protecção e de medida de grandezas eléctricas, eliminado a necessidade de aparelhagem separada para estas funções, como acontece com a tecnologia tradicional;
3. *Grande imunidade aos fenómenos electromagnéticos circundantes:* Apresentam uma grande imunidade aos fenómenos electromagnéticos não gerados pelo condutor em que estão inseridos, como os produzidos por condutores ou máquinas eléctricas próximas;
4. *Grande margem dinâmica:* As especificações de precisão deste princípio de medida mantêm-se desde os 5% até aos 200% dos valores nominais da corrente e da tensão que os aparelhos suportam, sendo da ordem dos 0,2%;
5. *Grande largura de banda:* Suportam a amostragem de frequências desde DC até aos 10 kHz, o que constitui hoje uma característica muito importante, pois permite efectuar análises detalhadas sobre a composição harmónica e qualidade da energia, sem limitações da resposta em frequência dos transdutores;
6. *Sistemas de baixo peso e altamente isolados:* Apresentam um peso e dimensão extremamente baixos e um alto grau de isolamento entre o transdutor e a optoelectrónica do sensor, pois estas são interligadas através de um cabo de fibra óptica. Estas características apresentam uma grande vantagem ao nível da sua instalação em qualquer aplicação (figuras 3.45 e 3.46);
7. *Alta segurança e diminuta necessidade de manutenção:* Esta tecnologia não possui componentes activos ao potencial das linhas. Como existe um isolamento total entre o transdutor e a electrónica do sensor, elimina-se um grande número de pontos fracos da tecnologia tradicional e de necessidades de manutenção;
8. *Grande simplificação na determinação de grandezas indirectas:* Uma vez que o sistema do transdutor permite facilmente a obtenção de sinais, sob a forma digital, para as frequências, tensões e correntes nas linhas, a determinação de muitas outras grandezas, como o equilíbrio e simetria do sistema de tensões, a potência activa e reactiva etc., são muito facilmente calculadas por software ou *firmware*.

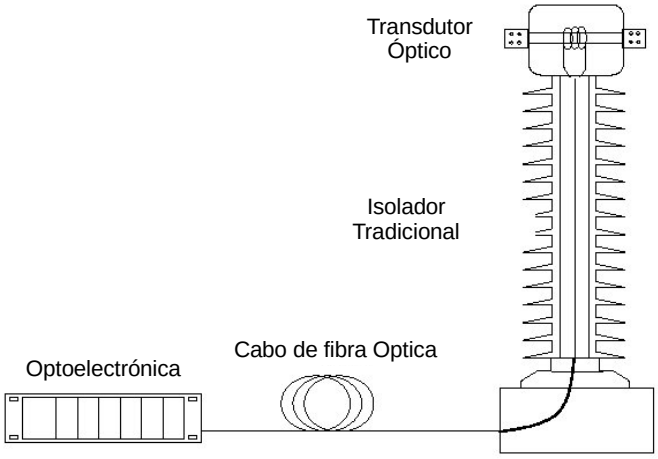


Figura 3.45 - Aplicação de um transdutor da NXTPhase™.
Fonte: **(**Adaptado de http://www.nxtphase.com/nx3a.htm).

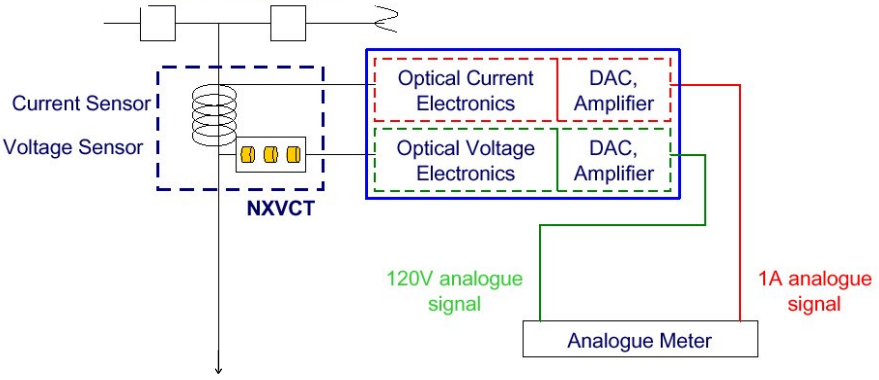


Figura 3.46 - Medidor de corrente e tensão, da NXTPhase™, com interface analógico.
Fonte: (http://www.nxtphase.com).

Síntese

Os domínios de aplicação desta tecnologia situam-se actualmente nas aplicações de AT e MAT. Mas espera-se que com o seu desenvolvimento esta possa gradualmente vir a ser aplicada em sistemas de BT. Do ponto de vista conceptual, a única diferença entre os sistemas AT e BT situa-se ao nível do transdutor. Toda a electrónica do sensor pode ser comum aos dois sistemas, sendo apenas uma questão do factor de escala utilizado no processamento da informação recebida. O ponto fulcral desta tecnologia, para que possa ser aplicada na medição de grandezas menores, reside no desenvolvimento de transdutores para operarem com campos electromagnéticos inferiores. O processamento de informação por eles fornecido pode ser efectuado por DSP e ASIC, hoje tecnologias muito desenvolvidas e com um custo acessível.

De acordo com a nossa percepção, pensamos que com a produção em larga escala destes componentes o seu preço venha a descer significativamente e esta tecnologia possa, a médio prazo, substituir a actual tecnologia dos TI e TT em todas as aplicações.

4

Metodologias utilizadas no trabalho de campo

Resumo

Neste Capítulo descrevem-se as metodologias utilizadas no trabalho de campo e as respostas dadas pela Engenharia Paralela às novas exigências do mercado em geral, e ao sector da energia eléctrica em particular. Descrevem-se com algum detalhe a Engenharia de Conceitos e o QFD (Desdobramento da Função Qualidade).

4.1 Introdução

No mundo actual, caracterizado por um desenvolvimento tecnológico muito acelerado, pela existência de produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos, pela globalização e por uma competitividade extremamente agressiva, os mercados e produtos de uma determinada empresa são cada vez mais alvos em permanente movimento, por oposição aos alvos relativamente estáticos que caracterizaram a realidade empresarial em décadas anteriores, dominadas pelo aumento de quotas de mercado e pela redução de custos, como objectivos prioritários da gestão.

Para enfrentar as novas realidades, torna-se crucial que as empresas sejam cada vez mais competitivas e possuam maior capacidade de inovar, concebendo novos produtos e estratégias com capacidade para satisfazer ou exceder as expectativas dos clientes a um ritmo cada vez maior e encurtando cada vez mais o período que medeia entre a detecção de uma necessidade e o lançar de uma nova funcionalidade ou produto para a sua satisfação. Segundo Agostinho ([Agostinho, 1995], página 6), a competitividade traduz-se na capacidade que uma organização possui para oferecer ao mercado produtos capazes de levar os clientes a escolhê-la em detrimento das concorrentes. A competitividade depende assim directamente do grau de exigência dos clientes, do desempenho dos produtos (qualidade, preço, fiabilidade, design, etc.) e do desempenho das empresas que os produzem e comercializam (pontualidade e fiabilidade das entregas, imagem, rede de distribuição, serviço de assistência etc.). Nestes novos contextos, a agilidade, a flexibilidade e a capacidade de inovação no lançamento de novos produtos passaram a assumir-se como objectivos estratégicos de gestão para a sobrevivência das organizações. Neste âmbito, podemos ainda adiantar que a grande maioria dos casos de sucesso no lançamento

de novos produtos, ou de melhorias nos já existentes, não assenta hoje em rasgos de génio, em revoluções totais, ou em conceitos radicalmente diferentes, mas antes em pequenas modificações, às vezes de pormenor, dos produtos e processos já existentes. As principais fontes de informação para essas melhorias são por excelência os clientes (utilizadores dos produtos). Dentro destes, os líderes de utilização, que possuem uma maior exigência de qualidade, e se situam na vanguarda das aplicações, bem como os que reclamam, constituem fontes especialmente valiosas para o processo de aperfeiçoamento e de inovação dos produtos/serviços ([Saraiva, 1999], página 56).

4.2 Metodologias de desenvolvimento de novos produtos: Método Sequencial *versus* Engenharia Paralela

4.2.1 Método Sequencial

O método sequencial de desenvolvimento de novos produtos, também designado por método tradicional, consiste na implementação de um conjunto de passos estanques, executados em série, conduzidos por pessoas e departamentos diferentes, com atitudes, valores e percepções distintas da realidade dos negócios, caracterizando-se ainda por uma quase ausência de comunicação entre eles. Este envolve as seguintes fases:

- O processo inicia-se com alguma ideia nova proveniente da identificação de oportunidades detectadas, ou da investigação da empresa, muitas vezes sem contacto íntimo com os clientes;
- O gabinete de estudos e desenvolvimento analisa-a e efectua um projecto do produto e respectivo processo de fabrico;
- O sector comercial prepara um plano de marketing;
- O departamento financeiro elabora um plano de viabilidade económico-finaceira;
- Vem depois a construção de um protótipo, a cargo do gabinete de estudos e desenvolvimento;
- Dá-se início ao fabrico em escala comercial, sob a responsabilidade da produção;
- Por fim, arrancam os canais de distribuição, sob a alçada do departamento de marketing, para fazer chegar o produto aos clientes.

Entre cada destas etapas efectua-se um teste de avaliação do novo produto, só se avançando para a seguinte caso este seja superado. A não transposição dos pressupostos associados a qualquer dos testes obriga a regressar a uma das etapas precedentes (podendo forçar, em última instância, a um recomeço, envolvendo conceitos de produtos diferentes do inicial).

Um dos maiores defeitos associados a esta metodologia é que **o cliente surge tarde demais**. Aparece apenas no fim da cadeia, quando já pouco ou nada tem a dizer, a não ser aceitar

ou rejeitar o produto, nunca tendo sido devidamente auscultado sobre o que esperava dele (figura 4.1).

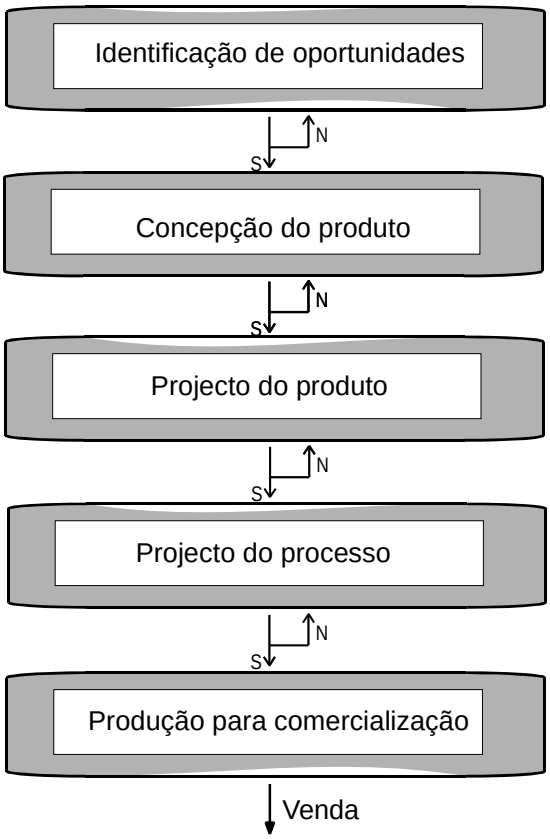


Figura 4.1 - Etapas do método sequencial de desenvolvimento de novos produtos (adaptado de [Qual(a), 1998]).

Com o surgimento do marketing, há uma antecipação da participação do cliente, pois é através de pesquisas de mercado e do estudo das suas necessidades que se desencadeia o lançamento de novos produtos. Contudo, o modelo sequencial, compartimentado em fases estanques, sob a responsabilidade de pessoas com perspectivas muito distintas, com pouca comunicação entre si, permanece inalterado na sua essência. Na origem de todo o processo passam a estar os clientes, que ocupam agora o início e o fim da cadeia. Mas esta evolução do modelo em série, apesar de ter início com o cliente, possui alguns defeitos graves que derivam da sua natureza sequencial e do isolamento entre as várias fases de desenvolvimento, nomeadamente:

- As necessidades dos clientes, captadas com os estudos de mercado, podem ser sucessivamente deturpadas. Não que haja qualquer intenção em o fazer, mas o facto de cada um dos elementos intervenientes ter interiorizada uma perspectiva muito própria das coisas leva a que a passagem por um conjunto de filtros sucessivos se vá reflectir numa inevitável adulteração das mensagens inicialmente captadas;
- Uma suboptimização do produto na sua globalidade, uma vez que ao passar de etapa em etapa cada departamento tenta encontrar uma solução que resolva localmente e da melhor

forma possível os problemas na perspectiva e âmbito da sua actuação. O acumular de óptimos parciais, com propagação de erros e de culpas de uns sectores para outros, conduz frequentemente a soluções que, na globalidade do produto e na óptica do cliente final, podem ser pouco mais que medíocres;

- Efectua uma aposta muito fraca nas fases iniciais do processo. Ao descurarem-se as etapas iniciais, de importância crucial, o sucesso pode ficar logo muito condicionado. Um conceito deficiente ou desadequado implica que daí para a frente se estejam a esbanjar recursos sem qualquer utilidade;
- O processo é demasiado demorado, pois não investe o suficiente na construção de consensos e na comunicação entre os agentes envolvidos nas diversas fases. À medida que se vai caminhando da ideia para o fabrico, os custos envolvidos para voltar atrás e proceder a modificações tornam-se proibitivos, contribuindo para que o custo global de desenvolvimento seja muito elevado;
- É perigoso também do ponto de vista pedagógico e do funcionamento da organização: o desenvolvimento através de etapas estanques, contribui para estimular comportamentos individualistas, especializações excessivas e divisões internas, em vez de providenciar o envolvimento pessoal, o trabalho em equipa, a perspectiva de colaboração e a integração subjacentes ao movimento da *Qualidade Total*.

Para superar estas limitações, com consequências cada vez mais onerosas, as empresas têm vindo gradualmente a substituir o método acima descrito por um modelo alternativo de desenvolvimento e de lançamento de novos produtos, que assenta naquilo que vulgarmente se designa por Engenharia Paralela, Engenharia Simultânea ou na literatura inglesa por *"Concurrent Engineering"*.

4.2.2 Engenharia Paralela

Com a Engenharia Paralela todo o processo de desenvolvimento de novos produtos, desde a ideia até ao arranque da produção, é coordenado, desenvolvido e acompanhado por um mesmo grupo de pessoas, designado por *equipa interfuncional* ou *equipa de desenvolvimento do produto*. A constituição desta tem em conta os seguintes pressupostos:

- É formada por pessoas provenientes dos diversos sectores da empresa e a sua composição deve permanecer inalterada ao longo de todo o processo, podendo no entanto em algumas fases do percurso ser chamados elementos externos, como por exemplo clientes e fornecedores, para colaborarem com a mesma;
- Deve ser liderada por alguém com bastante experiência na área do negócio, que possua uma visão alargada e simultaneamente uma perspectiva integrada das coisas, isto é, um líder dotado de capacidade para coordenar e motivar toda a equipa;
- Em vez de sequencial, a equipa interfuncional segue um processo de desenvolvimento tão paralelo e integrado quanto possível, com a execução simultânea de um número alargado

de tarefas e iniciativas, uma visão integrada dos problemas e dos sistemas, visando a sua optimização global enquanto um todo coerente (figura 4.2).

Metodologias utilizadas pela equipa interfuncional ao longo do desenvolvimento do projecto com Engenharia Paralela

Durante o desenvolvimento do projecto, a equipa interfuncional adopta metodologias com vista a que:

- Haja uma tradução fiel das vozes dos clientes, recolhidas no início do processo, em características e especificações dos produtos. Esta conversão fidedigna das mensagens dos clientes em produtos e processos que as operacionalizem, levando a que as empresas possam ser capazes de oferecer produtos com capacidade para satisfazer os clientes, designa-se na gíria da Gestão da Qualidade por Desdobramento da Função Qualidade ou QFD *("Quality Function Deployment")*, e será devidamente explicada na secção 4.4;
- Ao longo de todo o processo a equipa vai encontrando soluções de consenso, o que por si só obriga a um empenho efectivo dos seus elementos na continuidade do projecto e na implementação das opções tomadas, partilhadas pelo grupo. Esta reflexão conjunta faz com que haja um progressivo congelamento nas decisões tomadas (pressuposto de aplicação desta metodologia!), não havendo necessidade de recuar para passos anteriores;
- Ao longo do processo a equipa recorre ainda a ferramentas com elevada conexão visual, as quais congregam os esforços da equipa e obrigam de forma subtil e não autoritária a evitar desvios dos seus objectivos. Toda a actividade da equipa interfuncional permanece desta forma documentada e centrada em torno dos pontos chave relacionados com o lançamento do produto: *qualidade*, *custo* e *tempo*.

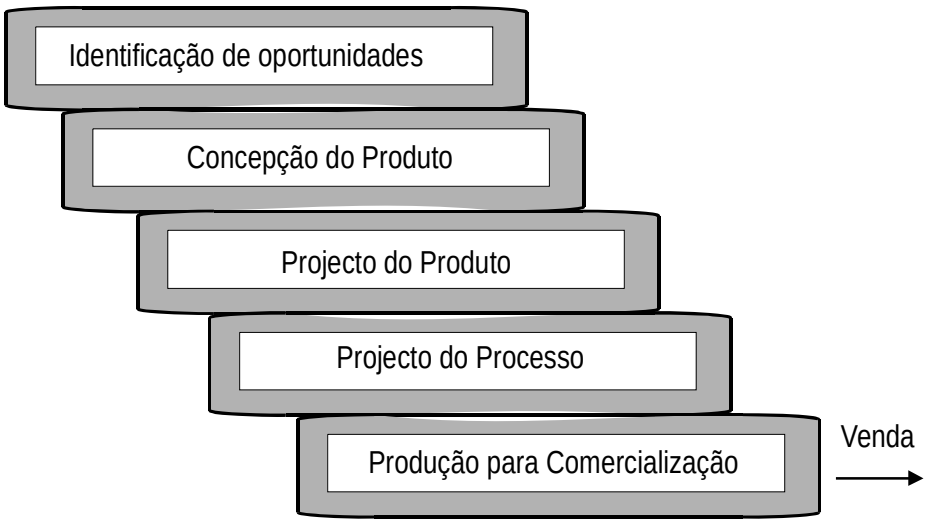


Figura 4.2 - Modelo de concepção de um novo produto com base na Engenharia Paralela (adaptado de [Qual(a), 1998]).

Com a Engenharia Paralela há deliberadamente uma forte aposta em tempo e recursos, tanto humanos como financeiros, nas etapas iniciais e em particular na definição do conceito de produto. Em vez de remediar consegue-se com esta estratégia prevenir e evitar a ocorrência de erros, ou iterações desnecessárias, quando já nos encontramos em fases adiantadas do projecto, onde os custos para introduzir alterações se tornam proibitivos. Na figura 4.3 efectua-se a comparação para o desenvolvimento de projectos com as duas metodologias.

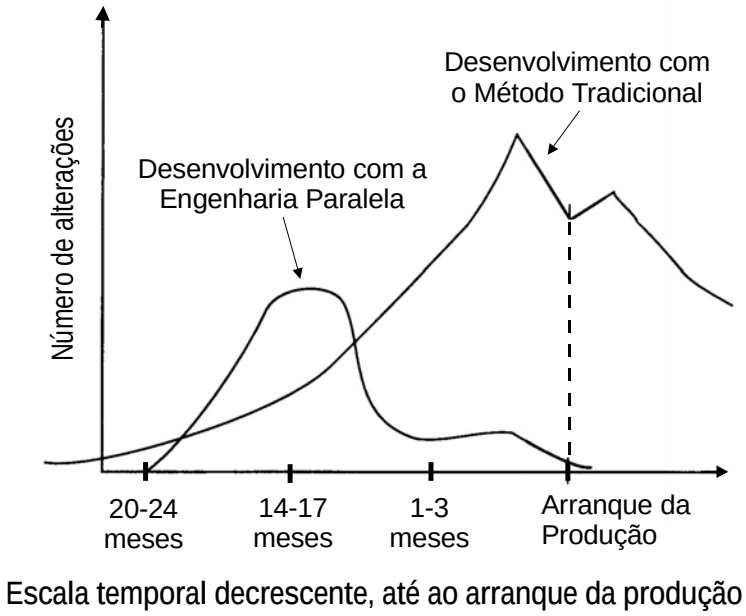


Figura 4.3 - Investimento comparativo entre as duas metodologias e número de alterações a efectuar na fase de arranque da produção (adaptado de [Terninko, 1997], página 10).

As principais vantagens da Engenharia Paralela, que têm levado à sua utilização por um número crescente de empresas e sectores, são:

- Significativa diminuição do período que decorre entre a identificação de oportunidades e o arranque da produção, um factor cada vez mais crítico para o sucesso num ambiente de globalização, de forte concorrência e de produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos;
- Menores custos de desenvolvimento, pois apesar de serem ligeiramente superiores nas fases iniciais, são largamente recuperados mais tarde e inferiores aos conseguidos pela metodologia sequencial (figura 4.3);
- Satisfação dos clientes, uma vez que ao produzirem-se produtos que vão ao encontro das suas necessidades reais, se está a contribuir de uma forma efectiva para a sua satisfação, contribuindo por essa via para uma elevada taxa de sucesso associada ao lançamento de novos produtos;
- Reforço do espírito de colaboração e do trabalho em equipa, dado que além dos benefícios imediatos que a Engenharia Paralela origina em cada projecto específico, ela contribui ainda, enquanto processo mobilizador e didáctico, para reforçar o espírito de colaboração,

do trabalho em equipa, de integração e de cooperação dentro da organização em que é aplicada, levando subtilmente a uma nova cultura organizacional.

Pelo facto de ser nas fases de concepção do produto e do processo que a Engenharia Paralela acrescenta maior valor e complementa de forma mais poderosa as técnicas convencionais de marketing, estas podem ser interpretadas como possuindo um maior "efeito de alavanca" na obtenção de melhorias no produto, ideia traduzida na figura 4.4.

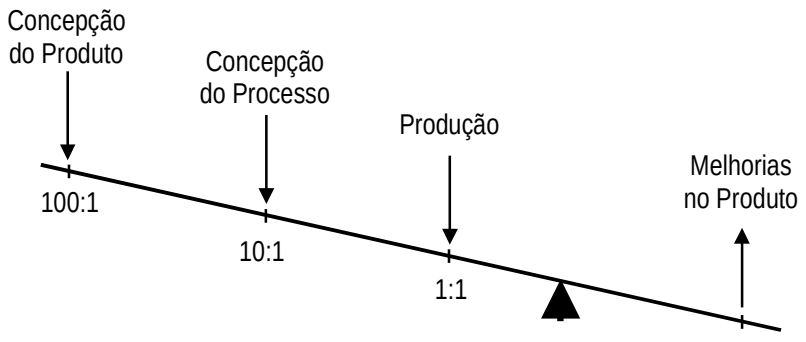


Figura 4.4 - Ilustração da maior eficácia associada às etapas iniciais de aplicação da Engenharia Paralela (adaptado de [Luz, 1999], página 120).

Em seguida analisaremos a *Engenharia de Conceitos*, um conjunto de metodologias e ferramentas especialmente concebidas para atacar a etapa inicial da Engenharia Paralela, na identificação do conceito de produto e das suas especificações.

4.3 Engenharia de Conceitos e QFD

A Engenharia de Conceitos cobre a etapa de definição do conceito e das especificações do produto, no lançamento de novos produtos por equipas interfuncionais, através da Engenharia Paralela. Esta constitui o suporte da *primeira fase* de aplicação da metodologia QFD, pois concentra uma grande atenção na recolha de informação, a partir dos clientes, e desenvolve o processamento da mesma de forma estruturada, com vista a encontrar o melhor conceito de produto e os requisitos que este deve integrar ([Pires, 1999], página 45).

Ainda que nas etapas seguintes de desenvolvimento possam ser aplicadas outras abordagens do arsenal das técnicas tradicionais (estudos de mercado clássicos, análise de valor, gestão de projectos e da produção, etc.), o mesmo não acontece na fase de definição do conceito, relativamente à qual, por ser uma etapa bastante descurada no modelo de desenvolvimento sequencial, havia uma grande lacuna de ferramentas. A Gestão da Qualidade veio tentar suprir esse défice com um conjunto de novas ferramentas de Gestão da Qualidade (novas por oposição às ferramentas básicas da Qualidade), também designadas por ***ferramentas evoluídas de Gestão da Qualidade.***

Para que possamos entender melhor a filosofia da *Engenharia de Conceitos* (e o *QFD*), a título comparativo podemos considerar que esta ferramenta está para o processamento de informação verbal (não objectivamente quantificável) tal como a estatística está para o processamento de informação numérica. O principal objectivo da Engenharia de Conceitos é o de ir trabalhando informação, sob a forma de frases, desdobrando a função qualidade desde as vozes captadas dos clientes, utilizando metodologias e ferramentas adiante descritas, de modo a chegar a um ***conjunto de expressões*** que sintetizem os conceitos dominantes (a "média ponderada" de todas as informações captadas) relativamente às especificações e requisitos do produto e/ou serviço em estudo [Burchill, 1997].

Ainda a título de ilustração do conceito, podemos visualizar, *grosso modo*, esta operação como sendo representada por um funil, onde introduzimos todas as informações (vozes dos clientes) captadas através de técnicas específicas. Estas vão sendo processadas ("trituradas") e os seus conteúdos mais relevantes em termos do que é mais valorizado pelos clientes "vão descendo", aproximando-se da sua base e saindo no final em primeiro lugar. Esta informação de síntese constituirá o novo conceito de produto e especifica os requisitos mais importantes do mesmo que os clientes manifestaram, explícita e implicitamente, querer ver nele incluídos.

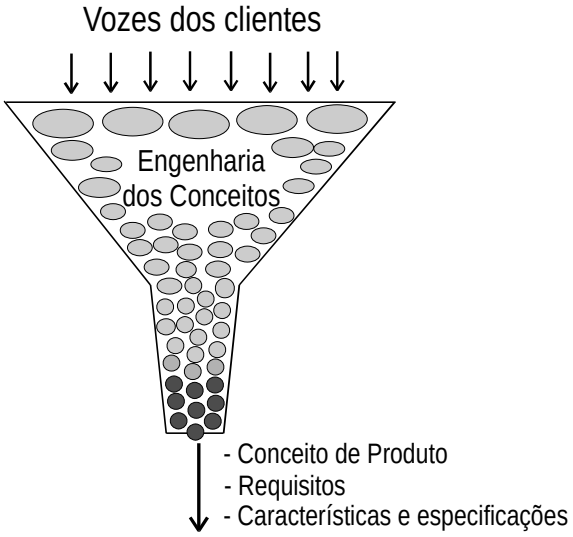


Figura 4.5 - Visualização do processamento de informação com a Engenharia de Conceitos.

O que acontece ao longo deste processo ("dentro do funil") constitui uma parte das etapas de aplicação do QFD que será adiante descrita.

4.4 Aplicação prática do QFD

A metodologia QFD, da autoria de Yogi Akao [Akao, 1990], apoia-se no *conceito de qualidade tal como é definido pelo cliente*. Assim, uma das suas principais características é a de registar as necessidades deste, expressas na sua própria linguagem, e traduzi-las da forma mais fiel possível em conceitos de produtos que possuam capacidade para causar satisfação e/ou exceder as suas expectativas.

A sua aplicação pode ser decomposta em cinco grandes etapas (figura 4.6), sendo as primeiras quatro integrantes da *Engenharia de Conceitos*.

Na aplicação ao nosso caso prático, além destas cinco, considerámos mais uma etapa inicial de *Selecção da amostra para recolha de vozes dos clientes*, uma vez que essa operação foi objecto de uma atenção muito especial, devido ao seu carácter determinante.

4.4.1 Descrição sucinta de cada uma das etapas de aplicação do QFD

Etapa 1: Recolha das Vozes dos Clientes

Os pressupostos de aplicação do QFD rompem com o mito de que a empresa conhece bem as necessidades dos seus clientes. Em alternativa, utiliza uma abordagem com um grande potencial exploratório, obtendo informação a partir de entrevistas directas, de conteúdo potencialmente mais rico e inovador [Wesner, 1995].

Constituindo esta etapa um ponto crucial do QFD, para que seja implementada com a eficácia, terá de ser utilizada uma metodologia rigorosa de recolha de vozes. Esta suporta-se tradicionalmente em entrevistas, mas não se esgota aí. A realização de estudos de comportamento, dirigidos a segmentos de mercado evoluídos, fornece também importantes informações, devendo no entanto as diferentes técnicas de recolha utilizadas obedecer a um plano estruturado de análise e tratamento da informação.

Relativamente <u>ao modo como</u> esta etapa se desenrola, há que ter em atenção o seguinte:

- A intenção da recolha de vozes é a de *explorar toda a riqueza interior dos clientes*, de modo a possibilitar a posterior criação de hipóteses de conceitos de produto. Utilizando o mesmo cuidado que é imprescindível para a realização de qualquer medida, deve evitar-se interferir no comportamento normal do cliente e captarem-se as suas vozes de forma o mais autêntica, genuína e profunda possível, pelo que esta operação deve *ter lugar no habitat natural de utilização do produto*. Seguindo a terminologia de Shiba ([Sá, 1998], página 104), trata-se de aplicar o "princípio do aquário" ou de *mergulhar no ambiente do cliente*, em vez de olhar para ele (enquanto peixe que se movimenta na água) de fora do aquário e através das suas paredes de vidro;
- Uma boa recolha de vozes implica que se *mergulhe em profundidade*, penetrando o mais possível nas ideias do cliente. Só desse modo se podem auscultar certos tipos de valores e atitudes relativamente a um determinado produto ou serviço. É preciso identificar não apenas as necessidades actuais, mas complementar estas com uma antecipação do futuro,

mediante o reconhecimento e exploração de necessidades latentes (que o cliente médio não exprime ainda de forma explícita, mas que é possível identificar já, tentando abordar líderes de utilização e segmentos com maior exigência);

- Há que ter um grande cuidado para *não deturpar o que o cliente diz* à luz dos valores, opiniões, preconceitos e perspectivas de quem está a proceder à recolha. Em termos objectivos, entende-se por *Voz do Cliente* a transcrição exacta de algo que este diz, a respeito do produto ou serviço que se deseja desenvolver ou aperfeiçoar.

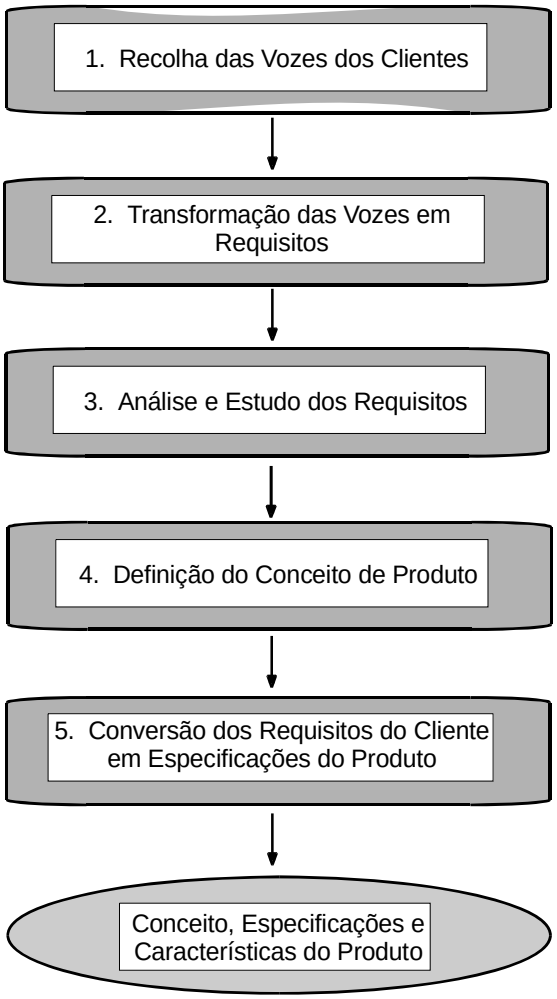


Figura 4.6 - Etapas de desenvolvimento na aplicação do QFD (adaptado de [Qual(b), 1998]).

No planeamento da recolha de vozes, há que dar muita atenção aos seguintes aspectos [Burchill, 1997]:

- **Clareza:** Devem ser definidos sem ambiguidade o *âmbito, horizonte e tema do estudo de recolha a ser efectuado* encontrando respostas objectivas para as seguintes questões: Quem são os clientes? Quais são os segmentos de mercado? Quais vão ser os nossos interlocutores? A *análise deve situar-se no espaço dos problemas* e não das soluções, colocando questões que permitam identificar ***o que*** os clientes desejam e esperam para aquele produto e/ou serviço;

- **Número de respostas a obter:** Nos métodos tradicionais destinados a confirmar hipóteses, importa obter o maior número de respostas, de modo a reduzir o intervalo de incerteza. Na recolha de vozes com o QFD, *mais do que a quantidade, importa a diversidade e a profundidade com que é efectuado o estudo individual dos clientes*. Segundo orientações da sua aplicação ([Burchill, 1997], página 47), um número entre 10 a 20 clientes por segmento de mercado é uma quantidade razoável, tornando-se pouco compensatório em termos de relação benefício/custo exceder esse número. A selecção da amostra deve orientar-se por *abranger a maior diversidade possível de clientes do produto*, caracterizados por diferentes atitudes, necessidades e comportamentos (líderes de utilização, clientes muito exigentes, clientes que reclamam, ex-clientes, clientes com idades e formações diferentes, clientes provenientes de diferentes regiões geográficas, etc.);

- **Recolha das informações:** Seleccionada a amostra a inquirir, o passo seguinte é o de escolher o modo como se irá efectuar a recolha de informação. Normalmente elabora-se um guião que servirá de base à condução de uma entrevista que irá cobrir, de forma não rígida, os múltiplos domínios a auscultar. Devem ser analisados quatro períodos distintos: *passado, presente, futuro e imaginário*, auscultando em cada um destes as diferentes percepções relativamente ao uso do produto;

- **Atitude de quem recolhe:** De modo a interferir o mínimo possível na recolha, o entrevistador deve *"possuir um visão de 360°"* e *adoptar uma postura muito atenta*, não só às expressões verbais, mas a todos os sinais exteriorizados perante cada questão colocada. Este deve utilizar fortemente a sua intuição na condução do processo de ir mergulhando na análise, permitindo de modo natural e gradual aprofundar as pistas que vão sendo deixadas pelo entrevistado. O entrevistador deve ainda procurar falar o menos possível, não emitindo opiniões pessoais para não direccionar ou condicionar as respostas;

- **Duração das entrevistas:** Para que cada entrevista possa ser suficientemente profunda e permita explorar devidamente as potencialidades e riqueza do cliente, deve ter uma duração de 60 a 90 minutos;

- **Registo das vozes:** Uma vez realizada a entrevista, e enquanto o teor da mesma se encontra bem presente no entrevistador, as vozes desta são transcritas individualmente e sistematizadas na construção de uma lista exaustiva, contendo todas as vozes já recolhidas;

A figura 4.7 dá-nos uma representação do volume de informação captada em cada entrevista. O objectivo é de com entrevistas sucessivas, e recorrendo a uma amostra rica em diversidade, conseguir efectuar a cobertura, o mais alargada possível, de todos os requisitos dos clientes (explorar o máximo possível a área representada a preto, minimizando-a).

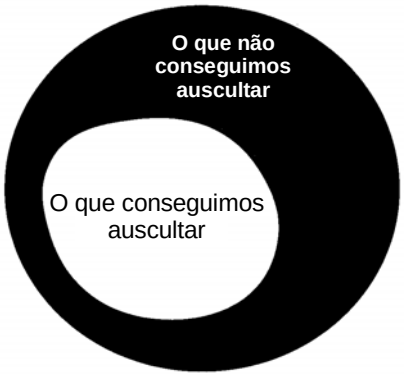


Figura 4.7 - Volume de informação captado em cada entrevista do QFD (adaptado de [Cohen, 1997], página 268).

Etapa 2: Transformação das Vozes em Requisitos

Uma vez recolhidas as Vozes dos Clientes, há que as processar, tendo em vista a sua transformação num produto de sucesso, capaz de os satisfazer e/ou exceder as suas expectativas. Procede-se em primeiro lugar à sua separação, de forma a que fique associada a cada voz apenas uma ideia. O passo seguinte é o de reduzir o seu número, abandonando vozes repetidas ou que exprimam os mesmos conteúdos.

Após a operação anterior o número de vozes pode ser ainda bastante elevado. No caso de exceder as 30 vozes, há a necessidade de aplicar um *Método Iterativo de Selecção* (uma técnica de Gestão da Qualidade que consiste em, de forma consensual, ir desprezando vozes consideradas menos importantes, reduzindo o seu número para uma quantidade comportável de alternativas sobreviventes), de modo a que este se situe em torno das 30 ([Burchill, 1997], página 245).

Quando o número de vozes é já dessa ordem, pode ser útil à equipa interfuncional aplicar o *método KJ* (uma ferramenta evoluída de Gestão da Qualidade que permite processar informação de índole qualitativa, estruturando-a e clarificando as suas ideias subjacentes), de modo a tomar um conhecimento mais profundo com os seus conteúdos, estudar as relações existentes entre as diversas vozes e organizar as ideias que elas transmitem. Se os conteúdos se apresentarem claros para todos, a realização do KJ pode ser ultrapassada nesta fase, sendo esta ferramenta aplicada apenas numa fase posterior.

Nesta etapa deve também ser associada a cada voz uma ou mais imagens, devendo esta ser desenhada junto da voz, caso haja alguém na equipa com aptidões artísticas para o fazer, ou simplesmente ser associada à voz através de uma descrição consensual entre os elementos da equipa.

Em termos objectivos, entende-se por *Requisito* a tradução das necessidades e aspirações dos clientes, manifestadas nas suas próprias palavras, para uma linguagem mais técnica e objectiva. À tradução de *Vozes* em *Requisitos* dá-se também a designação de *tradução*

semântica. Esta é efectuada de forma sequencial para todas as vozes, elaborando uma tabela com os seguintes campos:

Voz do Cliente	Imagem	Ponto Chave	Requisito

Para cada *Voz*, a equipa identifica uma ou mais *Imagens* com as quais entende que faz sentido cruzá-la. O cruzamento de *Vozes* com imagens permite identificar os *Pontos Chave* implícitos no conteúdo das mesmas, o que por sua vez levará à definição do(s) *Requisito*(s) subjacentes a essa identificação.

Uma das características mais importantes desta etapa é a de apelar intensamente à colaboração e ao aproveitamento da diversidade da equipa interfuncional envolvida no desenvolvimento do produto, através de um complexo trabalho de ligação da *Voz do Cliente* ao contexto de utilização do produto e de um cuidadoso e consensual processo de tradução semântica. Assim, a cada *Ponto Chave* deve fazer-se corresponder um *Requisito do Cliente*, que reflecte uma única necessidade, o qual deve ser formulado através de uma frase concisa e objectiva. Ainda como recomendação geral, a equipa QFD não deve, nesta fase, antecipar soluções (ficando estas reservadas para uma fase posterior), dado que tal é considerado contrário à criatividade que se pretende atingir nesta operação.

Com a realização desta etapa, dispomos de um conjunto de requisitos que pretendem dar respostas ao que os clientes desejam ver integrado no produto/serviço em estudo (***os quês***).

Etapa 3: Organização e quantificação da importância dos Requisitos

Após concluída a etapa 2, a equipa dispõe geralmente de um número elevado de requisitos. Para aprofundar o conhecimento relativo a esta informação, existem diversas abordagens possíveis, que se complementam e podem ser aplicadas cumulativamente.

Primeiro, recorrendo novamente ao *Método Iterativo de Selecção*, a equipa escolhe um conjunto diversificado e suficientemente rico de requisitos (em número de 30 no máximo), que irão posteriormente ser alvo de um estudo mais aprofundado.

De modo a clarificar a informação contida nesses requisitos seleccionados, a equipa pode agora aplicar a *ferramenta KJ*, que permitirá estudar possíveis ideias subjacentes e estruturar a informação segundo uma perspectiva externa com um elevado nível de abstracção relativamente ao uso do produto.

Uma vez identificados, pela equipa interfuncional, os *Requisitos* considerados mais importantes, é fundamental estabelecer prioridades entre eles. Esta seriação deve ser efectuada com base em informações facultadas pelos clientes, pois ninguém melhor do que eles poderá manifestar o que é realmente mais importante. Para aferir o modo e intensidade como os vários requisitos contribuem para a satisfação dos clientes, pode ser utilizada uma nova ferramenta evoluída de Gestão da Qualidade, designada por *questionário Kano* [Burchill, 1997]. Com esta, é elaborado um questionário, onde para cada dos requisitos é formulado um par de questões, uma onde a *função implícita no requisito está presente* e outra onde a *função está ausente*. O cliente pode, para qualquer das questões, manifestar a sua resposta na seguinte escala de opções:

Agrada-me, Tem que ser assim, É-me indiferente, Posso Tolerar e Desagrada-me. Através da análise conjunta das respostas dadas por cada cliente à funcionalidade e disfuncionalidade do requisito, é possível classificá-lo como sendo *Obrigatório, Proporcional, Atraente, Indiferentes* ou *Contraditório*, prevalecendo no final a classificação dominante atribuída pela maioria das respostas obtidas. Além da auscultação referida anteriormente, o questionário de Kano permite também fazer um levantamento de outras informações que conduzem a uma *classificação quantitativa dos requisitos* do produto, permitindo a sua ordenação com base na valorização atribuída pelos clientes. A informação anterior é extremamente importante para a organização, pois permite concentrar estrategicamente esforços na introdução de melhorias nos aspectos que são mais valorizados pelos clientes (uma *"Análise de Pareto"* evoluída !).

Os resultados finais obtidos com a realização do estudo de Kano, relativos à classificação dos requisitos, são coligidos numa figura de síntese, idêntica à apresentada na figura 4.8 ([Cohen, 1997], página 36), com os seguintes significados para as suas classificações:

- Os *requisitos obrigatórios* referem-se a características que devem obrigatoriamente integrar o produto e que se caracterizam pelo facto de a sua presença ser tão essencial que não causa satisfação, mas a sua ausência provoca uma grande insatisfação (ver curva ***"Basic Needs"*** na figura 4.8);
- Os *requisitos proporcionais* referem-se a características cuja satisfação que causam é tanto mais elevada quanto maior for a sua presença no produto/serviço (ver curva ***"Performance Needs"*** na figura 4.8);
- Os *requisitos atraentes* referem-se a características que o cliente não espera à partida ver incluídos no produto/serviço. Por isso a sua ausência não provoca insatisfação, mas a sua presença constitui um factor de diferenciação que permite causar encantamento, por ser algo que excede no momento as suas expectativas (ver curva ***"Excitement Needs"*** na figura 4.8);
- Os *requisitos indiferentes* referem-se a características cuja presença (ou ausência) no produto/serviço não exerce qualquer influência na satisfação do cliente.

Na fase de concepção do novo produto e/ou serviço, é especialmente importante a implementação das funcionalidades com vista à concretização dos requisitos *obrigatórios*, encarados como restrições, as quais terão de observar-se sempre no produto, os requisitos *proporcionais* cujo grau de satisfação será tanto mais elevado quanto maior for a sua presença no produto/serviço e alguns dos requisitos *atraentes*, pois está neles o potencial de diferenciação do produto relativamente aos concorrentes.

Como último passo desta etapa, poderá ainda ser construído um diagrama de afinidades, que permita relacionar de forma criativa os requisitos e apoiar a sua hierarquização em torno de *domínios de actuação*, nomeadamente ajudando a distinguir aqueles que se situam a um nível mais operacional dos que se situam a um nível mais estratégico.

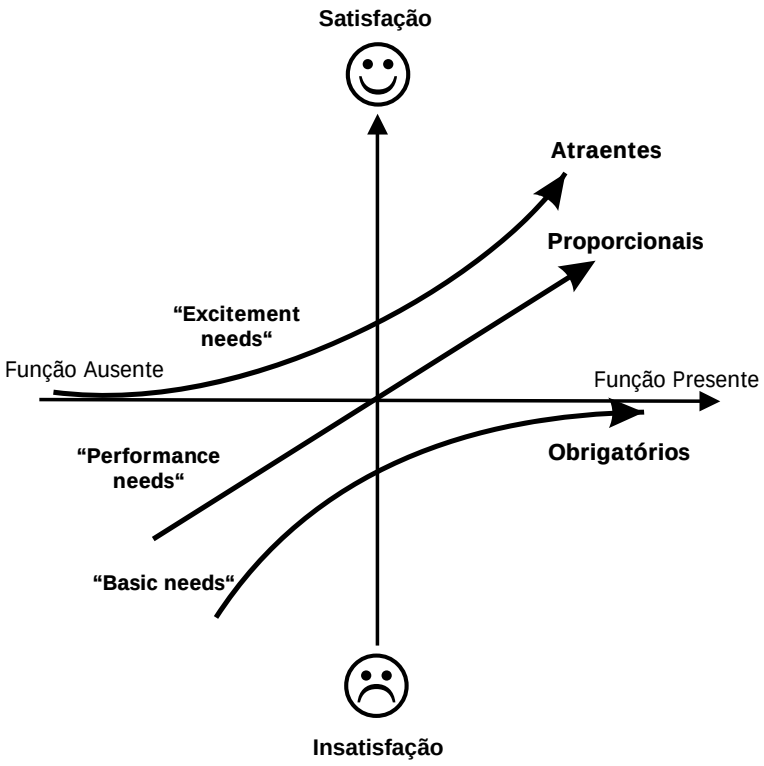


Figura 4.8 - Gráfico de Kano com as classificações dos requisitos.

Etapa 4: Definição do novo conceito de produto/serviço

Após ter organizado, classificado e quantificado a importância dos requisitos, a equipa interfuncional encontra-se agora em condições de poder construir e avaliar conceitos de produto. De entre as várias opções possíveis para este fim, a metodologia de Pugh [Pugh, 1996] tem-se manifestado especialmente eficaz na emergência criativa de um conceito de produto dominante. Esta assenta num processo iterativo, através do qual, a partir de um conjunto inicial de conceitos alternativos, tão alargado quanto possível, se vai convergindo para um conceito dominante que se revele superior a todos os alternativos em estudo.

Uma vez estabelecido um conjunto inicial de conceitos de produto, são definidos os respectivos critérios de avaliação, que correspondem geralmente aos requisitos a que o cliente atribui maior importância. O conceito que no entender da equipa interfuncional se afigurar *à priori* como o mais favorável é designado por *Conceito de Referência*, sendo relativamente a este que todos os outros irão ser comparados.

Para facilitar esta avaliação/comparação é normalmente construída uma matriz, onde os conceitos são inseridos em colunas e os critérios de comparação em linhas. Depois, critério a critério, a equipa efectua uma avaliação dos diferentes conceitos face ao conceito de referência, analisando os pontos em que este é *superior*, *semelhante* ou *inferior* aos conceitos alternativos em estudo. Analisando a matriz resultante, na sua globalidade, e não havendo à partida nenhum conceito dominante, é incentivada a construção de conceitos híbridos, que combinem os aspectos mais positivos das diferentes alternativas iniciais e das quais foram extraídos os seus pontos fracos. Neste processo as melhores vertentes de cada conceito são então identificadas e

aproveitadas na formação de uma nova alternativa, superior às restantes, e por outro lado os conceitos que sejam claramente inferiores são eliminados, reduzindo progressivamente o número de alternativas em estudo.

Face aos conceitos presentes e após a actualização anteriormente descrita, a equipa escolhe um novo conceito de referência e dá início a nova iteração (figura 4.9).

Gradualmente o número de conceitos alternativos vai sendo reduzido. O processo termina quando é encontrado um conceito que já não consegue ser melhorado através da sua combinação parcial com outros. É sobre este que irá assentar a criação no novo produto e/ou serviço.

A metodologia de Pugh vai assim permitindo a convergência para uma solução criativa e consensual do novo conceito de produto/serviço. Ela apresenta ainda duas grandes vantagens: é extremamente dinâmica, uma vez que nunca se limita às alternativas em análise (estimula o surgimento de novos conceitos em cada iteração), favorece o envolvimento de todos os elementos da equipa, dado que a convergência para o conceito dominante é conseguida por via consensual.

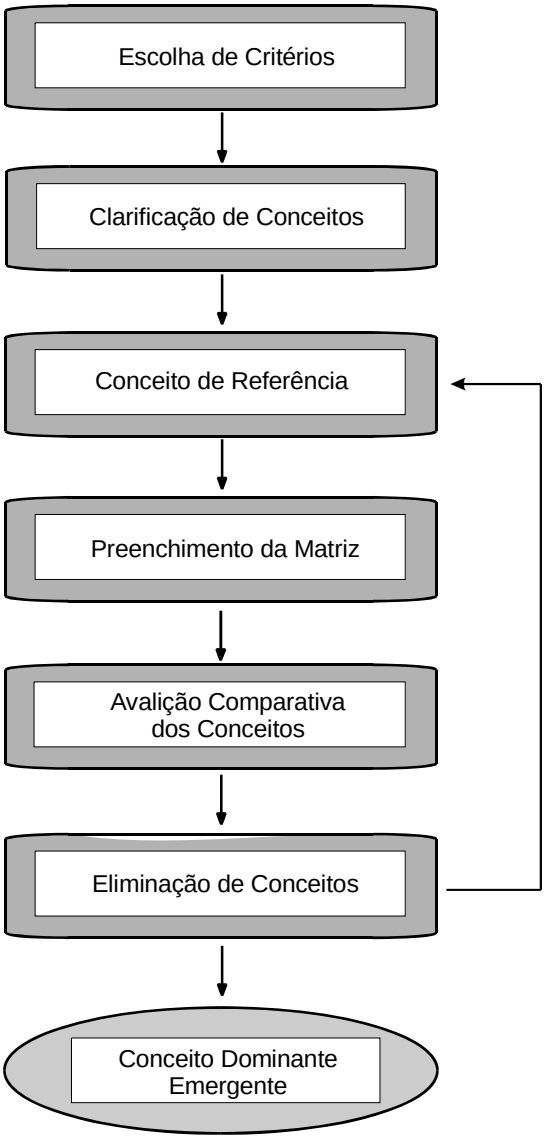


Figura 4.9 - Etapas de desenvolvimento da metodologia de Pugh (adaptado de [Qual(b), 1998]).

Com esta etapa conclui-se a aplicação da *Engenharia de Conceitos*, pois possuímos agora um conjunto de *requisitos do cliente*, devidamente identificados e estruturados, bem como de um *conceito genérico do produto/serviço a desenvolver*.

Etapa 5: Conversão dos requisitos em especificações e características técnicas do produto

Como referimos no final da etapa anterior, a equipa de desenvolvimento do produto dispõe agora de um conjunto de *requisitos do cliente*, devidamente identificados e estruturados, bem como de um *conceito genérico de produto/serviço*. O passo seguinte é o de, com base nestas informações, efectuar o desdobramento dos requisitos do produto/serviço em especificações técnicas que respondam às exigências dos clientes. Consiste, no fundo, em encontrar as soluções, os ***comos*** (características técnicas do produto, descritas numa linguagem de Engenharia, quantitativa, objectiva e mensurável) para a implementação dos ***quês*** (requisitos do cliente) identificados nas etapas 1 a 3 ([Burchill, 1997], página 299).

Para efectuar esta transformação recorre-se a uma outra ferramenta evoluída de Gestão da Qualidade, conhecida por *Casa da Qualidade*, que será analisada de seguida.

4.4.2 A Casa da Qualidade

A Casa da Qualidade (CQ) também designada por Matriz de Planeamento do Produto ([Pires, 1999], página 157), constitui a peça fundamental da *segunda fase* de aplicação do QFD. Com efeito trata-se de um quadro com grande impacto visual, cujo aspecto se assemelha ao desenho de uma casa (figura 4.10) e no qual vai sendo colocada informação, à medida que vai sendo processada. Esta permite o planeamento e a comunicação de uma forma fácil e intuitiva, contribuindo para que os elementos da equipa atinjam mais facilmente um entendimento consensual nos diversos aspectos relacionados com a concepção, produção e fornecimento do produto e/ou serviço em desenvolvimento.

A CQ é constituída por diversas matrizes, designadas por "quartos" (figura 4.10). A CQ desta figura mostra a tipologia de casa utilizada nesta dissertação, estando apresentados apenas os quartos necessários para o desenvolvimento do nosso caso prático. Queremos com isto dizer que é possível efectuar o desdobramento de informação noutras matrizes (anexar novos quartos à casa), consoante as necessidades específicas de aprofundamento, para esta ou outra aplicação. Caso seja necessário um desdobramento adicional, a casa expande-se para a direita e para baixo, através da junção de quartos no alinhamento dos actuais, dando-lhe uma maior dimensão, mas mantendo o seu aspecto intuitivo e visualmente agradável, que permite a sua fácil leitura na extracção de informações ([Otelino, 1999], página 14).

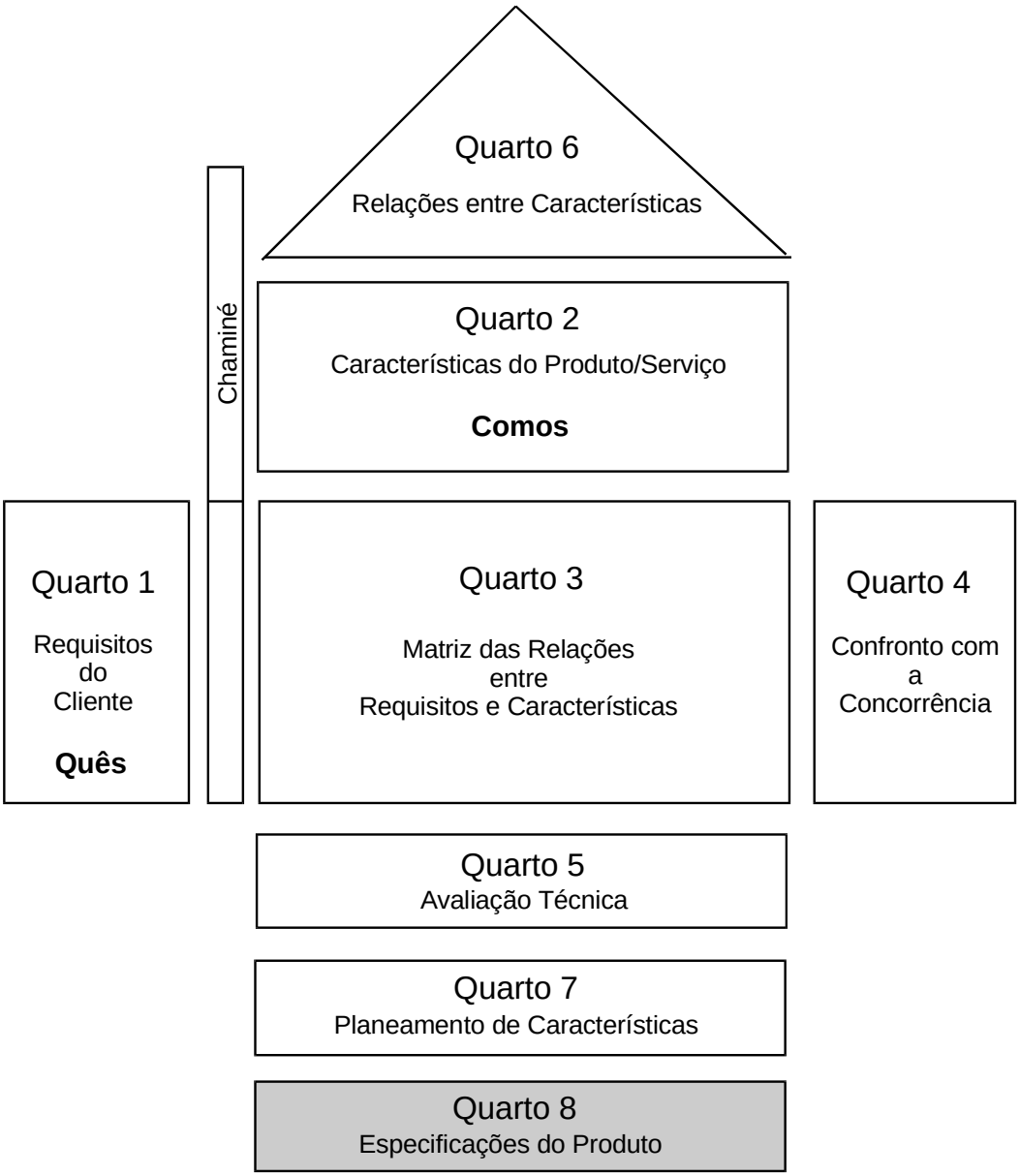


Figura 4.10 - Principais componentes da Casa da Qualidade (adaptado de [Qual(b), 1998]).

Passaremos em seguida a explicar os conteúdos dos quartos, a forma como são preenchidos e como se interpretam os elementos neles contidos.

Quarto 1: Requisitos do Cliente

No quarto 1 são colocados os Requisitos do Cliente, *os quês*, identificados a partir da etapa de recolha de vozes. A sua apresentação é efectuada de acordo com a estrutura emergente da aplicação do KJ sobre os requisitos, que os agrupa em torno de domínios com elevada afinidade e numa estrutura hierárquica de três níveis. Além dos requisitos é inserida também a informação resultante do estudo de Kano, referente à importância relativa dos mesmos para os clientes, sendo esta colocada em frente a cada requisito, na coluna à direita do quarto 1, região designada por chaminé da CQ.

Quarto 2: Características do produto/serviço

No quarto 2 vão ser colocadas as características a ser implementadas para satisfazer os requisitos do cliente, implicando esta operação um trabalho prévio a ser efectuado com muito cuidado pela equipa interdisciplinar, uma vez que antes da introdução de dados nesta matriz é necessário identificar os respectivos elementos.

Pretendem-se encontrar aqui as soluções, os ***comos*** (especificações técnicas do produto descritas numa linguagem de Engenharia) para implementar os ***quês*** já introduzidos no quarto 1. Por este facto o quarto 2 reveste-se de uma **importância crucial**, sendo absolutamente necessário que a equipa interfuncional integre especialistas do sector em estudo, que conheçam muito bem o processo de produção e de fornecimento do produto/serviço, bem como um bom domínio das tecnologias disponíveis em todas as áreas envolvidas. Só desse modo poderão surgir soluções técnicas que contribuam com a maior eficácia possível, e ao menor custo, para a implementação dos requisitos do cliente. Durante esta operação é também frequente o recurso ao *"benchmarking"* com sectores e situações que a equipa considere aplicáveis ao desenvolvimento do produto/serviço em estudo.

A forma como esta etapa pode ser conduzida depende bastante de cada situação específica. No nosso caso prático recorremos ao alargamento da equipa interfuncional, integrando nela elementos externos, a fim de trazerem os seus contributos e visões para a criação das melhores soluções técnicas. A sessão de geração de soluções propriamente dita assentou na realização de uma sessão de trabalho com base na ferramenta *"Brainstorming"*, que decorreu num ambiente agradável e de total isolamento de perturbações externas. Após uma breve sensibilização e preparação de todos os elementos da equipa para o uso desta ferramenta, foi então lançado para discussão cada um dos requisitos integrantes do quarto 1. Para cada um desses requisitos, e tendo sempre presente o conceito genérico de produto/serviço (e de empresa) encontrado na etapa 4, a equipa reflectia, propunha, analisava e discutia as soluções concretas que iam surgindo para a sua implementação, havendo em simultâneo a preocupação de se definirem as *unidades de medida* e as *especificações técnicas*, ou os objectivos específicos a atingir para cada solução. Além disso, foi também definida a tendência de cada uma das características: se é para maximizar, minimizar ou tentar cumprir tal como foi definida. Esta informação é introduzida na base do quarto 2 (anexa a cada característica) através de um conjunto de símbolos, que são respectivamente:

- ↓ se a equipa entender que o valor especificado para a característica deve ser o menor possível;
- ↑ se for desejável que o valor da característica seja o maior possível;
- ⊙ se o objectivo for o de aproximar o mais possível a característica de um determinado valor especificado.

Quarto 3: Matriz das Relações

O quarto 3, também designado por matriz das relações, constitui o corpo principal da CQ. Em cada das suas células é representado o modo como as características enunciadas no quarto 2 contribuem para a implementação dos requisitos apresentados no quarto 1. Como se pretende classificar essa relação de uma forma quantitativa, recorre-se ao uso de símbolos com diferentes

pontuações para definir de que modo uma dada característica contribui para a implementação de um dado requisito. Utiliza-se normalmente a seguinte simbologia, com as respectivas pontuações associadas:

● para representar uma correlação *Muito Forte*	(9 pontos)
○ para representar uma correlação *Forte*	(3 pontos)
Δ para representar uma correlação *Fraca*	(1 pontos)
(sem símbolo) - Não existe relação significativa entre a característica e o requisito	(0 pontos)

O preenchimento deste quarto efectua-se percorrendo, para todas as características enunciadas no quarto 2, as células referentes a cada um dos requisitos. Após uma breve reflexão, tendo por base as experiências dos elementos da equipa, o novo conceito de empresa, de produto e de serviço emergente da etapa 4, e as respostas dos clientes, é atribuída uma classificação consensual a essa relação, materializada pela colocação de um símbolo na célula de intersecção.

Uma vez classificadas todas as relações, podemos obter uma matriz mais ou menos preenchida, podendo esta dar-nos logo uma indicação sobre se as características do produto permitem ou não satisfazer adequadamente os requisitos do cliente, ou se é necessário considerar outras características. De acordo com instruções sobre a aplicação do QFD ([Burchil, 1997], página 232), uma pessoa com experiência na aplicação desta ferramenta, ao olhar para uma CQ, pode de imediato tirar algumas conclusões. Assim,

- Uma matriz com poucos símbolos ou com muitas relações fracas indica que as características encontradas não contribuem de forma eficiente para a implementação dos requisitos do cliente;
- Uma matriz muito preenchida ou com muitas relações fortes indica que todas as características são tomadas como imprescindíveis para a satisfação do cliente, o que significa que a implementação do projecto pode ser muito dispendiosa e morosa;
- Se numa matriz existem colunas sem símbolos, isso significa que as respectivas características não são necessárias para cumprir os requisitos dos clientes;
- Se existem linhas sem símbolos, quer isso dizer que existem requisitos que não estão a ser considerados nas soluções encontradas pela equipa de desenvolvimento.

Quarto 4: Confronto com a Concorrência

No quarto 4 apresenta-se o modo como o novo produto é visto pelos clientes e efectua-se a sua comparação com produtos concorrentes, permitindo identificar os pontos onde o produto da organização apresenta vantagens competitivas e que podem (e devem) ser utilizadas como argumentos de venda ([Pires, 1999], página 162), e aqueles onde é mais fraco, e deverá ser alvo de maior atenção.

Se para um dado requisito o nosso novo produto está numa posição de desvantagem relativamente à concorrência, e se esse requisito é muito valorizado pelos clientes, é necessário rever os meios para melhorar a sua implementação, igualando-o pelo menos ao valor da concorrência.

A opinião dos clientes é captada através de um questionário, devidamente elaborado, em torno dos requisitos do cliente, pois é a estes que o cliente é sensível!

Os resultados da avaliação competitiva são geralmente expressos numa escala classificativa que vai de 1 (*mau produto* ou *cliente extremamente insatisfeito com o requisito*) a 5 (*produto excelente* ou *cliente encantado com o requisito*). São representados no lado direito da CQ, no alinhamento dos quartos 1 e 3. Cada empresa é representada por um símbolo diferente (Δ - nossa empresa; ☐ - concorrente A; ○ - concorrente B; etc.), tornando esta informação fácil de interpretar.

Quarto 5: Avaliação Técnica

No quarto 5 efectua-se também uma comparação do nosso produto com os produtos da concorrência, mas agora no plano das características ou das soluções técnicas encontradas, sendo esta efectuada apenas numa perspectiva interna pelos técnicos da empresa.

Cada característica identificada para o produto vai ser analisada pela equipa e classificada também numa escala de 1 a 5 pontos, sendo representada a respectiva classificação através de um símbolo para cada um dos produtos das empresas em comparação.

A informação gerada deste modo e integrada neste quarto permite-nos, de uma forma fácil, analisar o posicionamento, no domínio técnico, da nossa empresa relativamente às concorrentes.

Com o preenchimento dos quartos 4 e 5 da CQ obtêm-se assim duas avaliações:

- Uma efectuada pelo cliente relativamente ao cumprimento dos seus próprios requisitos;
- Outra efectuada pela organização face às soluções técnicas que atingiu.

A partir das informações apresentadas sob a forma gráfica nestes dois quadros é então possível comparar a sua consistência e identificar eventuais pontos de conflito, complementando esta análise com a informação contida na matriz das relações (quarto 3).

Quarto 6: Correlação entre características

No quarto 6, também designado por telhado da CQ, são representadas as relações entre características. Assim, na zona de intersecção entre cada duas características é colocado um símbolo diferente consoante essa relação seja considerada positiva ou negativa.

Entende-se por relação positiva entre duas características o reforço positivo da implementação de cada uma delas na satisfação dos requisitos de ambas.

Mas a maior utilidade deste quarto reside na identificação de relações negativas. Esses casos merecem uma atenção muito especial na fase de projecto, uma vez que a implementação de duas características com relação negativa representa que na implementação dos requisitos existe um efeito contrário ao desejado, sendo difícil compatibilizar ambas as características.

Para representar estas relações utilizam-se símbolos que podem ser os seguintes:

- ● relação *Positiva*

X relação *Negativa*

A informação facultada por esta matriz localiza à partida os pontos críticos, permitindo atenuar interferências negativas e evitar correcções adicionais em fases posteriores. Identificando relações positivas, cria oportunidades para uma melhor exploração de sinergias.

Quarto 7: Planeamento das características

Na CQ incluem-se também outros elementos que ajudam no planeamento das características de controlo e que facilitam o restante trabalho a desenvolver até à produção. São eles:

- A *importância* (absoluta e relativa) *de cada característica*;
- A *dificuldade técnica* associada à implementação de cada característica;
- Os *custos estimados* para a implementação de cada característica.

Utilizando a informação da importância relativa de cada requisito obtida dos clientes, apresentada na chaminé da CQ, e a informação da matriz das relações, é possível calcular a importância absoluta de cada característica. Esta resulta do somatório dos produtos da importância relativa de cada requisito pelo nível de relação deste com cada característica.

$$y_j = \sum_{i=1}^{n} (x_i \cdot r_{ij})$$

Onde: y_j - é a importância absoluta da característica j.

x_i - é a importância relativa de cada requisito.

r_{ij} - é o grau de relacionamento do requisito i com a característica j (pontos atribuídos à relação)

Após o cálculo da *importância absoluta* para todas as características em análise, podem calcular-se as suas *importâncias relativas*. Calculam-se, para cada característica, dividindo a sua importância absoluta pelo valor do somatório das importâncias absolutas de todas as características (de modo a que o total seja 100 %).

Se duas características estão em conflito (apresentam uma relação negativa no quarto 6) deve ser dada prioridade à que apresenta um grau de importância maior, mas também atender-se à sua dificuldade técnica e custo da implementação.

A *dificuldade técnica* é definida com base nas opiniões de toda a equipa interfuncional e de especialistas nos subsectores relacionados com o produto em estudo, já que um juízo o mais alargado possível é aconselhável, representando-se esta normalmente numa escala numérica de 1 a 5 ou de 1 a 10 pontos.

A *avaliação dos custos* estimados para a concretização de cada característica, expressos em percentagem do custo total, e a sua comparação com a dificuldade técnica e a importância relativa, constituem também informações particularmente importantes quando a contenção de custos é um objectivo da organização. Os custos são pois instrumentos de planeamento que devem também ser representados no quarto 7 da CQ.

Quarto 8: Especificações do produto

No fundo da CQ representam-se os objectivos que se pretendem alcançar, os valores objectivo que cada característica deve assumir para satisfazer os requisitos do cliente.

O ponto de partida deve ser o de, para todas as características, fixar os seus objectivos nos melhores valores que existem no mercado e depois estabelecer os valores do novo produto com

base na análise da avaliação técnica, no planeamento das características (importância, dificuldade, custos), no confronto com a concorrência feito pelo cliente, nas relações entre características e requisitos.

Com o preenchimento deste quarto, a CQ fica completa, devendo proceder-se então à sua revisão, análise cuidada, e depois à sua consulta contínua em todas as fases subsequentes do projecto.

Observação final sobre a construção da Casa da Qualidade

Uma vez construída a CQ para um dado produto ou serviço, esta não necessita de ser refeita para todos os projectos e melhorias seguintes, podendo muita da informação que esta integra ser utilizada durante alguns anos, nomeadamente no que respeita aos requisitos do cliente e à definição das características do produto, que permanecem relativamente estáveis no tempo. Já os graus de importância são mais dinâmicos, em função dos avanços tecnológicos, sendo porém os níveis de satisfação do cliente, apresentados no quarto 4, os que mais se modificam com o tempo. Podendo então manter-se a estrutura básica da CQ, esta funciona como uma *"memória visual da organização"*, onde está representada informação vital para o seu bom funcionamento.

A título de conclusão da descrição efectuada sobre a CQ, transcreve-se uma expressão extraída de [Qual(c), 1998], que sintetiza e reforça a grande abrangência do desenvolvimento de produtos com base na Engenharia Paralela e o papel da Engenharia de Conceitos e do QFD na introdução subtil de uma cultura organizacional nas empresas, assente nos conceitos de Gestão pela Qualidade Total:

*"O principal benefício da Casa da Qualidade é o de introduzir a Qualidade dentro da **casa**"*

4.5 Software de suporte para aplicação do QFD

Como ficou implícito pela descrição anterior, a construção da CQ para um dado projecto constitui uma tarefa exigente e muito morosa. Esta morosidade coloca-se tanto ao nível da recolha e processamento de informações, como na respectiva apresentação gráfica. Por este facto, e porque esta metodologia tem vindo a evidenciar a uma grande expansão nas suas aplicações, têm vindo a ser desenvolvidas ferramentas informáticas para suporte de todas as etapas referidas, permitindo assim que sejam aplicadas de uma forma assistida, mais orientada e mais económica.

Nesta secção faz-se uma breve referência às ferramentas disponíveis para auxílio nestas tarefas, dando especial ênfase à ferramenta por nós desenvolvida e utilizada. Mas, antes de referir estas, adiantamos que existem basicamente dois tipos de suportes nestas tarefas. *Um primeiro* que consiste no uso de ferramentas dispersas e de uso genérico nas várias fases, tais como editores de texto, editores gráficos e folhas de cálculo. *Um segundo* que assenta no uso de ferramentas especificamente criadas para este fim, permitindo o acompanhamento, a documentação e a elaboração automática de relatórios de um projecto, desde as fases iniciais até à sua conclusão. Analisaremos então as ofertas do mercado no referente a esta segunda opção.

Ferramentas de apoio para a construção da CQ

1. ***QFD Scope for Windows*** Com informação em: http://www.iqd.com.
2. ***Qualica Software*** Com informação em: http://www.qualica.de.
3. ***QFD Designer*** Com informação em: http://www.qualiplus.com.br.
4. ***QFD 2000*** Com informação em: http://www.qfd2000.co.uk.
5. ***Reliasoft Software*** Com informação em: http://www.reliasoft.com.br.
6. ***Editor Português da Casa da Qualidade***

O Editor Português da Casa da Qualidade, consiste numa aplicação informática criada para auxílio à edição da CQ. Foi desenvolvida no âmbito do projecto INOVINT (Inovação e Internacionalização para o Desenvolvimento Empresarial) [Inovint, 2000] promovido pela SPI (Sociedade Portuguesa de Inovação), com a colaboração do Prof. Doutor Pedro Andrade Saraiva e do autor desta dissertação. A nossa colaboração no projecto, que decorreu durante o segundo semestre de 1999, consistiu em fornecer as especificações e requisitos que a aplicação deveria implementar (durante as fases de análise e projecto da mesma), tendo a sua implementação (geração do código) sido desenvolvida pela empresa Novabase (delegação do Porto)

Corre em ambiente Windows e permite genericamente:

- Importar requisitos a partir de ficheiros Word e integrá-los numa estrutura hierárquica com 3 níveis de abstracção (preencher o quarto 1 da CQ);
- Atribuir as importâncias relativas a cada um dos requisitos integrados no quarto 1 (preencher a chaminé da CQ);
- Importar características a partir de ficheiros Word e integrá-las numa estrutura hierárquica com 3 níveis de abstracção (preencher o quarto 2 da CQ);
- Especificar as unidades de medida, as tendências e as especificações do produto, para cada uma das características;
- Preencher directamente, sobre o écran, a matriz das relações (quarto 3 da CQ), com cálculo e actualização automática das matrizes da Importância Técnica e Importância Relativa;
- Preencher directamente, sobre o écran, a matriz das auto-relações (quarto 6 da CQ), permitindo detectar possíveis conflitos entre características;
- Importar dados para o preenchimento da matriz de confronto com a concorrência (quarto 4 da CQ);
- Dispor de múltiplas funções de impressão (total e parcial) da CQ, bem como da sua exportação para ficheiros no formato Windows Metafile;
- Permite ainda a elaboração de relatórios independentes com o conteúdo de cada uma das matrizes da CQ.

A aplicação encontra-se disponível em CD-Rom e informações adicionais sobre a mesma podem ser obtidas em Gestão de Projectos, no site: http://www.spi.pt/inovint.

4.6 Aplicações do QFD no sector da energia eléctrica

A metodologia QFD foi inicialmente aplicada maioritariamente no desenvolvimento de produtos tangíveis tais como, automóveis, fotocopiadoras, telemóveis, tintas [Duarte, 1998] etc., No entanto com o tempo tendo vindo a diversificar os seus domínios, sendo hoje empregue com frequência também no desenvolvimento de produtos intangíveis, no sector dos serviços, da educação [Sá, 1998], da produção de software ([Haag, 1996], [Zultener, 1993]), etc.

A nossa aplicação do QFD ao sector de fornecimento de energia eléctrica nacional, constitui mais um caso de aplicação a um sector não tradicional. Com efeito, a energia eléctrica é um "produto" intangível com características muito particulares, como foi já descrito no Capítulo 2. Mas, à parte dessas especificidades relacionadas sobretudo com o "produto" energia em si, os procedimentos de gestão aplicados aos processos produtivos de bens tangíveis são também aplicáveis ao processo de fornecimento deste "produto", sendo a área do relacionamento da empresa com os clientes uma das que possui grandes semelhanças com a maioria de outros sectores.

Na sequência das pesquisas efectuadas a nível mundial, sobre na literatura a que tivemos acesso, tanto sob a forma impressa como pela Internet, pudémos constatar que o número de aplicações do QFD no sector eléctrico é ainda diminuto. Os casos de aplicação identificados foram desenvolvidos sobretudo em regiões do globo onde a liberalização do sector se encontra mais avançada e onde a existência de empresas concorrentes, sobretudo ao nível da distribuição, é já uma realidade.

Como resultado parcial dessas pesquisas, analisam-se então algumas aplicações do QFD neste sector.

Caso 1:

A aplicação do QFD no sector da energia eléctrica que nos merece maior destaque é a que tem vindo a ser desenvolvida pelo EPRI (*Electrical Power Research Institute*) dos EUA. Este Instituto aproveitando o período de grandes transformações por que passa o sector eléctrico a nível mundial, as potencialidades do QFD e a necessidade de diversificar as suas actividades para fora dos EUA (devido a uma considerável crise nas suas áreas de intervenção tradicionais), tem vindo a desenvolver um importante trabalho com vista à identificação de novas estratégias e oportunidades para as empresas do sector que pretendam melhorar o seu desempenho e reter clientes nos novos ambientes de funcionamento liberalizado. As ideias de base centram-se sobretudo na oferta de produtos inovadores, em áreas como:

- Desenvolvimento de estratégias fiáveis para o sucesso do negócio;
- Oferta de soluções antecipadas para as necessidades dos clientes;
- Propostas de melhoria da qualidade nos sistemas de T&D com vista ao aumento da sua fiabilidade e eficiência;
- Mitigação dos custos associados aos cortes (e micro-cortes) no fornecimento;
- Cumprimento das exigência impostas às empresas ao nível dos RQS;

- Optimização de consumos com vista à utilização da energia eléctrica de forma mais eficiente;
- Desenvolvimento de metodologias preventivas, com vista a evitar a degradação da qualidade da energia;
- Orientação para a realização de diagnósticos eficazes sobre a qualidade da energia nas instalações;
- Planeamento e execução de simulações no domínio energético;
- Realização de auditorias industriais abrangentes;
- Diversificação de tecnologias com vista à redução da dependência energética da electricidade;
- Fornecimento de serviços de alto valor acrescentado.

Como exemplos concretos de empresas muito dinâmicas a actuar com base nestas filosofias, com funcionamento baseado no uso da Internet e atendimento de clientes *on-line* podemos referir, meramente a título exemplificativo, a E Source, Inc. (nos EUA) [E_Source, 2001], cuja oferta de serviços disponibilizados pode ser consultada no site http://www.esource.com e da Celerant Consulting (em Inglaterra) [Celerant, 2001], cujos serviços disponibilizados podem ser consultados em http://www.celerantconsulting.com.

Em termos gerais, a estratégia adoptada pelo EPRI nesta sua diversificação de serviços consistiu na realização de estudos profundos de aplicação do QFD a *sectores alvo* devidamente seleccionados, para depois efectuar um trabalho de divulgação, a nível mundial, com vista a rentabilizar o investimento inicial, efectuando algum *"benchmarking"* e adaptando o trabalho e as conclusões obtidas a novos casos e realidades, em qualquer região do globo. Constituem ainda os seus objectivos que, uma vez utilizada a Engenharia Paralela e o QFD numa empresa do sector eléctrico, estas metodologias passem a integrar as suas ferramentas de uso corrente para desenvolvimento e aperfeiçoamento, tanto no lançamento de novos produtos, como na melhoria contínua dos processos e dos produtos já existentes ([EPRI, 1992], [EPRI, 1994]).

Mas a opção pela aquisição do *"know how"* da EPRI constitui apenas uma opção para aplicar o QFD neste sector. Cada empresa pode (e, no nosso entender, deve!) optar pela aplicação autónoma da *Engenharia Paralela* e do QFD, desde que a sua gestão de topo tome algumas precauções, de importância crucial neste domínio, que são:

- Ser conhecedora profunda do seu potencial;
- Considerar a sua aplicação muito importante para a empresa;
- Conseguir encontrar um líder com as características exigidas para coordenar devidamente o processo de aplicação;
- Serem aplicados com o máximo rigor os pressupostos destas metodologias, descritos ao longo deste capítulo.

Caso 2.

Um outro exemplo pioneiro na aplicação do QFD ao sector eléctrico é o publicado na revista *Quality Progress* de Novembro de 93 [Graessel, 1993]. No início de 1991 a empresa *Florida Power & Light* (FPL), do estado da Flórida, decidiu investigar com o máximo rigor *"o que é que os seus clientes esperavam da FPL quando ligavam para o seu serviço de atendimento telefónico - Call Center"*. Na sequência dessa iniciativa e da aplicação do QFD à melhoria do serviço prestado pelo *Call Center*, este foi sendo sucessivamente melhorado, através de medidas como a segmentação dos clientes em grupos com diferentes necessidades, a gestão inteligente e dinâmica de filas de espera e a melhoria de um conjunto de serviços satélite para suporte das suas solicitações.

As principais conclusões da aplicação do QFD nesta empresa, transcritas do artigo referido, são:

*"**1.** As companhias necessitam de segmentar os seus clientes antes de tentarem satisfazer as suas exigências específicas, não considerando nunca que estes são todos iguais. **2.** Nunca se deve pensar que os clientes manifestam a suas reais necessidades de forma superficial. Para as conhecer com rigor é necessária uma abordagem especial, baseada na intimidade e na conquista da sua confiança. **3.** A empresa deve estar preparada para gerir de forma proactiva as expectativas dos clientes, sendo capaz de oferecer atempadamente um conjunto de funcionalidades que de forma eficiente vão ao encontro das suas mais reservadas expectativas."*

Objectivos e contributos

Com a nossa aplicação do QFD ao sector eléctrico nacional, descrita no Capítulo 5, pretendemos atingir também objectivos ambiciosos e que esta ferramenta permita apontar directivas que constituam uma mais valia indiscutível para o sector eléctrico nacional, tornando-o capaz de oferecer serviços mais adequados às expectativas dos clientes, e mais competitivo.

Pretende-se ainda que o conjunto das metodologias utilizadas, descritas neste capítulo, possam passar a fazer parte do arsenal de ferramentas de uso sistemático para o desenvolvimento e aperfeiçoamento contínuos dos produtos e processos, no futuro, pelas principais empresas portuguesas envolvidas no sector.

5

Aplicação do QFD ao sector da energia eléctrica

Resumo

Neste capítulo descrevem-se os passos sucessivos de aplicação da metodologia QFD ao sector da energia eléctrica, com os objectivos de: identificar o conceito de produto energia eléctrica e dos serviços com ele relacionados que vão ao encontro das necessidades dos clientes e que possuam características para os satisfazer e/ou exceder a suas expectativas e, dos meios necessários para os atingir.

5.1 Introdução

A componente prática desta tese consiste na aplicação da ferramenta QFD (Desdobramento da Função Qualidade) ao sector do fornecimento de energia eléctrica, com o objectivo de identificar os conceitos de *produto energia eléctrica* e dos *serviços que o suportam* de uma forma inovadora, no sentido de que estes correspondam às necessidades dos consumidores possuindo capacidades para os satisfazer e/ou exceder a suas expectativas.

Uma questão que muito cedo se colocou, foi a de saber como designar correctamente os destinatários do produto e serviço energia eléctrica, uma vez que nos ocorriam duas formas aparentemente adequadas: consumidores ou clientes. Apesar de esta questão poder parecer um pormenor de pequena importância, após alguma pesquisa sobre a evolução do sector e auscultando algumas das entidades envolvidas, foi possível constatar que para os diferentes intervenientes as duas palavras possuem significados muito diferentes. Verifica-se que a designação de consumidor tem vindo a ser substituída pela de cliente. A afirmação, algo particular, de Jacquelyn Schriber ([Shriber, 1999], página 13) *"… less than ten years ago most utilities didn´t have customers, they had meters"*, sintetiza de uma forma poderosa o passado recente do sector e subentende as razões da alteração desta designação. Mas, a situação referida por Schriber observa-se ainda, infelizmente, em bastantes regiões do nosso país, onde a relação da distribuidora com os consumidores (clientes) se caracteriza por um grande distanciamento. Este estado de coisas tem vindo no entanto a alterar-se e podemos notar mais recentemente uma maior atenção, manifestada, entre outros aspectos, na correspondência enviada para os clientes,

agora personalizada, onde podemos encontrar expressões como *"Estimado Cliente"*, em destaque e manuscrita, bem como os *"Cordiais cumprimentos"* e a *assinatura do responsável da empresa*, factos estes que evidenciam um tratamento com cortesia, absolutamente normal noutros sectores, mas que não era observado neste. Devido aos factos referidos, em vez da designação de consumidor será utilizada a de cliente, como sendo mais abrangente e a de alguém que para além de consumir um produto e utilizar um serviço, constitui um parceiro fundamental na vida da empresa e a principal razão da sua existência.

Assumindo o objectivo genérico descrito no primeiro parágrafo desta secção, a questão que de imediato se colocou foi a de definir quem são os clientes para quem desejamos identificar as características associadas ao produto/serviço energia eléctrica.

Tendo em conta o modelo de distribuição ainda predominante, o alvo deste estudo é constituído por todos os clientes ligados ao SEP (Sistema Eléctrico de Serviço Público) ou rede nacional de distribuição de energia eléctrica.

Adiantamos ainda que assumimos a *premissa geral* de que, identificando os requisitos dos clientes mais exigentes relativamente ao produto energia eléctrica e serviços associados, estes agradarão à sua totalidade.

Relativamente ao factor dimensão, são considerados os seguintes grupos:

1. *Pequenos clientes:* onde se incluem os do sector residencial e dos pequenos serviços, localizados em meio urbano e em meio rural (tradicionalmente alimentados em BT);
2. *Grandes clientes:* onde se incluem a maioria das empresas industriais e o sector dos serviços com clientes tais como: Hospitais, Escolas, Instituições Públicas, Hotéis, Aeroportos, etc. (tradicionalmente alimentados em AT);
3. *Muito grandes clientes:* Onde se incluem os sectores industriais com características muito específicas e grandes consumos de energia eléctrica (alimentados em AT e nalguns casos em MAT).

O objectivo do trabalho e estudo descritos neste capítulo consiste na aplicação do QFD simultaneamente a todos estes segmentos de mercado, de modo a identificar as características do produto e do serviço que estes consideram necessários para os satisfazer, bem como permitir antecipar necessidades futuras para poder exceder as suas expectativas.

Pretende-se assim, numa primeira fase, identificar os "**quês**" (Requisitos) que os clientes consideram fundamentais no produto/serviço energia eléctrica. E, numa segunda fase, definir os "**comos**", que significam as soluções, as formas como podem ser implementadas pelas entidades envolvidas no processo, as tecnologias, os custos envolvidos e a sua exequibilidade. Na segunda fase integrar-se-á a colaboração dada, após auscultação, por alguns líderes de utilização e especialistas nacionais intervenientes no estudo, bem como os resultados de um "benchmarking" efectuado com sectores mais evoluídos em áreas específicas. Será ainda integrada informação recolhida através de um estudo sobre as novas tendências e tecnologias emergentes no domínio da qualidade da energia, em países onde este tema tem muito maior expressão e o processo de liberalização se encontra mais avançado (descritas no Capítulo 3).

Para concluir esta introdução, fica a observação, a ter sempre presente, de que o resultado final que se pretende atingir com a aplicação desta ferramenta será a *obtenção de um conjunto de*

recomendações sobre o "novo" produto e serviço que, relativamente ao estado actual, represente o aperfeiçoar de um produto e processo já existente, levando a que, com custos controlados e fazendo uso das mais modernas tecnologias e metodologias de gestão, estejam mais adequados às necessidades e expectativas dos clientes, possuindo capacidade para aumentar os seus níveis de satisfação e/ou exceder as suas expectativas.

Metodologia utilizada

A metodologia utilizada no decurso do trabalho prático é a que corresponde à ferramenta adoptada (QFD), a qual integra, como analisámos no Capítulo 4, sete grandes etapas (ver síntese no **Anexo A**). Contudo em algumas das etapas, devido à impossibilidade de ser constituída uma equipa QFD no verdadeiro sentido do termo e às características particulares da aplicação a este caso específico, foram necessárias algumas adaptações pontuais e uma leitura bastante flexível de algumas das práticas tradicionalmente seguidas. Estas adaptações serão oportunamente descritas onde foram efectuadas.

5.2 Selecção da amostra para recolha de vozes

Um dos aspectos fulcrais para o sucesso da aplicação da ferramenta QFD consiste em fazer, depois de definidos com clareza os seus objectivos, uma rigorosa selecção da amostra dos clientes a utilizar para a recolha das vozes, por forma que essa seja o mais rica possível nos conteúdos relacionados com os objectivos. Tal como afirma Vicente Luz ([Luz(a), 2000], página 6), *"se entrar lixo no QFD, sairá lixo"*, daí que seja crucial um forte investimento e uma grande atenção nesta etapa.

5.2.1 Escolha de uma solução

Como pretendemos com este trabalho captar os requisitos mais importantes para *todos os clientes*, a questão que se colocou foi a de como identificar entre cerca de 5,3 milhões de clientes [EDP, 2000] um número restrito, entre 15 a 20, que nos facultasse uma imagem representativa que cobrisse a percentagem mais elevada possível dos requisitos e exigências da totalidade dos clientes.

Após o estudo e ponderação de algumas alternativas para a questão anterior, a resposta encontrada consistiu em efectuar, numa primeira fase, um *estudo preliminar* e prospectivo sobre um conjunto alargado de questões relacionadas com a qualidade da energia eléctrica e a forma como os clientes sentem e encaram a qualidade do produto e do serviço disponibilizado pelas distribuidoras. A este trabalho preliminar foi dada a designação de *"Estudo sobre o panorama da qualidade da energia eléctrica em Portugal"*. O seu principal objectivo foi o de identificar ou detectar, no contexto do nosso mercado, uma amostra de clientes e sectores que constituíssem os melhores exemplos e interlocutores para aprofundamentos posteriores e aplicação do QFD.

5.2.2 Síntese da metodologia utilizada na realização do estudo preliminar

Para a realização do estudo preliminar foram encetados os seguintes passos:

1º - Preparação de um inquérito

Para auscultarmos com eficácia as áreas críticas relacionados com a problemática da qualidade da energia eléctrica era necessário conhecermos com rigor os múltiplos aspectos deste domínio. Para tal foi iniciada uma profunda pesquisa sobre o estado actual desta problemática e das múltiplas vertentes a abordar relativamente aos diferentes sectores. Este trabalho permitiu--nos ir adquirindo uma visão e conhecimentos bastante profundos sobre as múltiplas vertentes do problema e sobre as grandes preocupações, movimentos e tendências da comunidade científica em países onde a qualidade da energia eléctrica constitui um tema de grande importância na actualidade. A partir do conhecimento adquirido com este intenso trabalho resultou a compilação dos vários grupos de questões colocadas no inquérito apresentado no **Anexo B**, de onde foi extraído o excerto apresentado na Tabela seguinte.

Tabela 5.1 - Excerto do inquérito utilizado para o estudo preliminar.

7. Avaliação do grau de gravidade da falta de qualidade na energia para a sua actividade

Classifique de acordo com a escala apresentada do lado direito, o índice de gravidade de cada um dos parâmetros da energia eléctrica que recebe, para a sua actividade.

		Nível de gravidade				
		Nada grave	Pouco grave	Gravidade Média	Muito grave	Extremam. grave
7.1	Falta de estabilidade na frequência	☐	☐	☐	☐	☐
7.2	Sistema de tensões desequilibrado e assimétrico	☐	☐	☐	☐	☐
7.3	Interrupções de muito curta duração (desde alguns ms até 1 seg.)	☐	☐	☐	☐	☐
7.4	Interrupções temporárias (1 seg. até 1 min.)	☐	☐	☐	☐	☐
7.5	Interrupções longas (superiores a 1 min.)	☐	☐	☐	☐	☐
7.6	Cavas (ocos) de tensão	☐	☐	☐	☐	☐
7.7	Sobretensões temporárias (1 seg. até 1 min.)	☐	☐	☐	☐	☐
7.8	Picos de tensão muito elevada e de curta duração (transitórios)	☐	☐	☐	☐	☐
7.9	Efeito de tremulação ("Flicker")	☐	☐	☐	☐	☐
7.10	Distorção ou poluição harmónica	☐	☐	☐	☐	☐
7.11	Ruído de alta frequência sobre a tensão.	☐	☐	☐	☐	☐

Alguns grupos de questões do inquérito incidiam sobre temas não directamente relacionados com a qualidade da energia eléctrica, para que fosse possível captar simultaneamente informações sobre o nível tecnológico e da qualidade em geral das organizações, que pudessem ser relacionadas com os conhecimentos declarados nos assuntos relativos à qualidade da energia.

2º - Selecção das entidades a inquirir

Uma vez definidas as questões a auscultar e elaborado o inquérito foi necessário identificar um conjunto de clientes alvo para a aplicação do mesmo. Para a concretização deste objectivo foram considerados os seguintes grupos de clientes a integrar na amostra para a realização do estudo:

- Líderes de utilização,
- Clientes muito exigentes,
- Clientes que reclamam,
- Clientes satisfeitos e
- Clientes insatisfeitos.

Foram então utilizados os seguintes critérios de selecção:

I - Amostra representativa: Os clientes alvo deveriam constituir uma amostra o mais representativa possível dos sectores supostamente considerados como sendo os mais exigentes no respeitante ao nível da qualidade da energia eléctrica e os mais expressivos em termos de consumos (onde a energia eléctrica represente uma percentagem significativa dos seus custos de operação e seja crítica para a actividade).

II - Diversidade geográfica: O estudo deveria abranger uma diversidade geográfica representativa, envolvendo as principais distribuidoras nacionais existentes em 1999 (Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo e Sul). Deveria também analisar zonas tipicamente industriais, mais desenvolvidas, e zonas interiores, com um carácter mais rural. Deveria ainda na medida do possível inquirir clientes dos diferentes segmentos de mercado: industrial, serviços e residencial, localizados nos ambientes já referidos.

III - Cultura de qualidade: Na medida do possível deveria inquirir-se o maior número de empresas certificadas (no âmbito das Normas ISO 9000, QS 9000, entre outras) por se considerar que esse facto daria uma maior garantia de colaboração e permitiria obter informação enriquecedora.

IV - Disponibilidade e sensibilidade dos interlocutores para esta problemática: Na selecção da amostra e tendo por base os critérios I, II e III já referidos, foram ainda privilegiadas empresas que demonstrassem alguma disponibilidade e facilidade de relacionamento. Para auscultar esta característica, as empresas foram previamente contactadas por via telefónica a fim de identificar a pessoa responsável pelo sector eléctrico e para quem deveria ser enviado o inquérito de forma personalizada. Com esta acção foi possível efectuar uma triagem e ficar a conhecer algumas empresas que não davam garantia de qualidade das suas respostas, por ser evidente a grande falta de sensibilidade e de conhecimentos dos seus interlocutores para com os

temas em análise. Esta acção teve ainda por objectivos permitir que fossem auscultadas apenas as pessoas que entendessem a linguagem utilizada no inquérito, que, apesar de muito simples, poderia não ser compreendida por todos os inquiridos, e contribuir para que houvesse uma elevada taxa de resposta aos mesmos.

Por fim, e como foi já referido, a escolha da amostra pautou-se ainda pela seguinte *premissa geral*: inquirir um subconjunto de clientes que consideramos mais esclarecidos e que integram os sectores mais exigentes do nosso mercado, dado que o que estes revelarem em termos de exigências de qualidade para com o produto/serviço energia eléctrica constituirá um conjunto de requisitos que agradará também aos sectores menos exigentes ou com menor capacidade de os reconhecer, no presente e no futuro.

3º - Realização do estudo preliminar

O estudo preliminar incidiu sobre uma amostra de 48 empresas, distribuídas pelos sectores discriminados na Tabela 5.2, às quais foi enviado por via postal (durante o mês de Maio de 1999) o inquérito apresentado no **Anexo B**, acompanhado de uma carta onde se descreviam os objectivos do estudo e onde nos comprometíamos a enviar uma síntese dos resultados, após a sua conclusão, para os inquiridos que manifestassem interesse em recebê-los. Dos 48 inquéritos expedidos, foram recebidas até 31 de Julho de 1999 40 respostas (ver Tabela 5.3), o que correspondeu a uma taxa de retorno de 83,3%.

Tabela 5.2 - Sectores alvo do estudo preliminar.

Sector	Nº de empresas
Automóvel	11
Electrónica	3
Metalomecânica (não automóvel)	3
Cerâmica	3
Indústrias de Madeiras e Mobiliário	3
Farmacêutica	1
Cimenteiras	1
Serviços (Hospitais, Escolas, Hotéis, Autarquias)	5
Têxtil	3
Rochas Ornamentais	1
Pasta e Papel	4
Fornecedores de equipamentos/manutenção	1
Transporte ferroviário	2
Vidro	3
Produção de suportes de Áudio (CD)	1
Plásticos	2
DGE (Delegação do Centro)	1
Total	**48**

4º - Tratamento das respostas e divulgação dos resultados

Após a recepção dos inquéritos efectuou-se o seu tratamento, estudo e extracção das principais conclusões. Para o efeito os sectores alvo foram agrupados tendo por base critérios de afinidade sectorial, relativamente às possíveis semelhanças das exigências dos processos de laboração, com o objectivo de reduzir o seu número e de facilitar o seu tratamento agregado. Os agrupamentos utilizados para o tratamento estatístico são os apresentados na Tabela 5.3. Após coligidos os resultados finais num relatório de síntese (apresentado no **Anexo C**) este foi enviado, durante o mês de Dezembro de 1999, para todos os interlocutores das empresas participantes que haviam manifestado esse interesse.

Tabela 5.3 - Agrupamento de sectores para tratamento estatístico dos inquéritos recebidos.

Agrupamento		Nº de respostas
S. 1	Automóvel	7
S. 2	Indústria Electrónica delicada e Indústria Farmacêutica	4
S. 3	Indústrias de Pasta e de Papel	4
S. 4	Indústrias da Cerâmica, do Vidro e Cimenteiras	6
S. 5	Sector dos Plásticos e Indústria Têxtil	3
S. 6	Metalomecânica não automóvel e Tracção Eléctrica Ferroviária	3
S. 7	Indústrias de Madeiras e de Mobiliário e Rochas Ornamentais	4
S. 8	Sector de Serviços (Hotéis, Escolas, Hospitais, Autarquias, etc.)	9
Total		**40**

5º - Síntese das principais conclusões do estudo preliminar

Além do objectivo principal do estudo preliminar, que era o de conhecer com algum detalhe cada uma das empresas e interlocutores contactados a fim de aplicar o QFD, este permitiu-nos também captar algumas informações importantes sobre o panorama da qualidade da energia eléctrica em Portugal no momento da sua realização.

Essas informações podem-se sintetizar nos seguintes pontos:

- Globalmente o nível de conhecimentos relacionados com a problemática da qualidade da energia eléctrica é muito baixo, mesmo no segmento de empresas com um elevado nível tecnológico e um suposto grau de exigência de energia com elevada qualidade;
- A maioria dos industriais manifestou desconhecer que não existe em nenhum lugar do mundo um sistema de alimentação de energia eléctrica tradicional que apresente uma fiabilidade de 100% e uma qualidade da onda ideal;
- A maioria dos indústrias com processos altamente críticos não revelou grande preocupação em conhecer com profundidade as causas dos seus problemas e em instalar dispositivos e tecnologias, bastante comuns em alguns países (e até com baixos custos) para minimizar os impactos negativos das perturbações na qualidade da energia de que são alvo;

- Os responsáveis pela maioria das instalações críticas desconhece que grande parte dos problemas que observa nas suas instalações, relacionados com a qualidade da energia eléctrica, são originados pelos novos tipos de cargas que integram os seus equipamentos.

As conclusões detalhadas são apresentadas no relatório de síntese no **Anexo C**.

5.2.3 Escolha da amostra de clientes para aplicação do QFD

Como já referimos no início desta secção, o processo de selecção de uma amostra de clientes para aplicar o QFD constitui uma fase complexa e de importância decisiva, sendo ainda de realçar que é mais importante nesta operação a diversidade do que a quantidade de inquiridos.

Com o decorrer do estudo preliminar foi possível ir identificando, de entre as empresas inquiridas, consideradas à partida como sendo das mais exigentes, quais as que constituíam efectivamente exemplos de maior exigência e manifestavam ser mais evoluídas, a todos os níveis, no domínio da qualidade da energia eléctrica. Foram determinantes para esta avaliação/selecção as necessidades reais dos seus processos em termos de energia eléctrica com elevada qualidade, a avaliação do grau de conhecimentos dos seus quadros em relação ao domínio dos assuntos relacionados com a qualidade da energia eléctrica e o seu grau de satisfação para com o produto/serviço prestados pela distribuidora actual. Identificou-se assim um subgrupo de clientes de entre o universo pré-seleccionado, tendo ainda por critérios de escolha: diversidade sectorial, diversidade geográfica, clientes satisfeitos e clientes insatisfeitos para com o produto/serviço disponibilizado pelas distribuidoras. Dispunhamos assim de um conjunto de interlocutores que, em princípio, dariam uma elevada garantia de qualidade das respostas.

Contudo, para atingirmos os objectivos do nosso estudo, não era suficiente inquirir apenas clientes (consumidores) de energia eléctrica. O grupo de inquiridos foi então alargado e ficou a ser constituído pelos seguintes intervenientes:

- Alguns dos *clientes dos sectores industrial e dos serviços* seleccionados com a realização do estudo preliminar;
- *Clientes residenciais* (localizados em ambiente rural e ambiente urbano);
- *Quadros da empresa distribuidora* de energia eléctrica;
- *Especialistas nacionais* do sector eléctrico;
- *Fabricantes/distribuidores* de equipamento eléctrico.

A amostra a inquirir com a metodologia QFD ficou assim a ser constituída pelos seguintes intervenientes:

- 12 Clientes,
- 4 Quadros (engenheiros) ligados à distribuição (fornecedores de energia).
- 4 Especialistas do sector eléctrico (Professores Universitários da área da Energia).
- 2 Fabricantes/distribuidores de equipamentos.

5.3 Recolha das vozes

Para cada um dos elementos da amostra seleccionada foi efectuada no seu local de trabalho uma entrevista pessoal, conduzida com base num guião estruturado, com o objectivo de captar da forma mais fiel e genuína possível a riqueza das suas opiniões, necessidades e aspirações, e de conhecer quais as suas exigências relativas aos domínios da qualidade do produto/serviço energia eléctrica que necessitam para as suas actividades.

5.3.1 O guião da entrevista

A elaboração do guião da entrevista foi alvo de atenção muito especial devido ao seu importante papel na condução do processo de recolha das vozes e na definição dos principais domínios de auscultação. Esta foi no entanto relativamente fácil de efectuar, tendo em conta os conhecimentos adquiridos com a elaboração do inquérito para o estudo preliminar e com o seu tratamento, bem como as questões que a metodologia QFD impõe para a sua preparação.

Optou-se por redigir um guião para cada grupo de inquiridos, embora com as questões integrantes muito semelhantes e a incidirem sobre os mesmos assuntos fulcrais. Estas foram simplesmente colocadas de forma diferente, consoante o tipo e posição do destinatário relativamente ao produto/serviço associado ao fornecimento da energia eléctrica. A Tabela 5.4 mostra um excerto do *guião da entrevista* aplicado para o grupo dos clientes, apresentando-se no **Anexo D** o guião completo.

Tabela 5.4 - Excerto do guião da entrevista para a recolha de vozes dos clientes.

	Presente :
5ª	Quais os atributos que mais valoriza no produto energia eléctrica?
6ª	O que mais aprecia no atendimento?
7ª	O que mais aprecia na assistência técnica?
8ª	O que mais aprecia nas condições de comercialização?
9ª	Caso pudesse, quais os factores que determinariam a sua escolha por um fornecedor alternativo?
	Futuro :
10ª	Que características gostaria de ver incluídas ou melhoradas no produto/serviço energia eléctrica?
11ª	Que sugestões dava ao seu fornecedor para melhorar o atendimento actual?
12ª	Que sugestões dava ao seu fornecedor para melhorar a assistência técnica?
13ª	Que sugestões dava ao seu fornecedor para melhorar as condições de comercialização?

5.3.2 Realização das entrevistas

Uma vez elaborado e testado o guião da entrevista em dois clientes, deu-se início à realização das mesmas, tendo estas decorrido nos ambientes de trabalho dos inquiridos durante os meses de Novembro e Dezembro de 1999 e Janeiro de 2000. A metodologia utilizada na sua condução consistiu na utilização de um pequeno gravador, que após alguns segundos de entrevista já era ignorado por entrevistador e entrevistado, o que facultava um bom ambiente de diálogo, em vez da presença de um apontador, como é proposto pela metodologia QFD.

Depois da realização das primeiras entrevistas sentiu-se a necessidade de aprofundar melhor algumas questões nas seguintes, pelo facto do tipo de informação que os inquiridos disponibilizavam em alguns domínios ser bastante vago. Isto não implicou, no entanto, qualquer alteração ao guião; apenas houve alterações na condução das entrevistas seguintes, onde foi necessário aprofundar devidamente as áreas que inicialmente se revelaram menos esclarecidas e exploradas.

Após a realização de cada entrevista, as vozes integrantes nesta eram transcritas de forma genuína para papel e introduzidas numa tabela em PC. Na página seguinte apresenta-se a Tabela 5.5, com excertos de uma entrevista realizada a um cliente do sector industrial.

Após a realização da totalidade das entrevistas dispunhamos de um conjunto de 527 vozes e cerca de 35 imagens (ver um excerto da listagem total na Tabela 5.6), tendo-se procedido de imediato à eliminação de vozes textualmente repetidas ou que exprimissem o mesmo significado. Com esta operação o seu número foi reduzido para 460, sendo este número utilizado nas etapas seguintes do processamento da informação (a listagem integral é apresentada no **Anexo E**).

Comentário preliminar às vozes recolhidas

Com o decorrer das entrevistas, e mesmo antes de qualquer tratamento das vozes, constatou-se que a natureza das informações captadas por grupos de inquiridos apresentava genericamente as seguintes características:

Clientes: Manifestaram saber bem o que precisam para os seus processos e mostraram possuir uma visão razoável sobre a evolução do sector. Foi constatada no entanto uma grande falta de conhecimento ao nível das suas responsabilidades em alguns dos problemas actuais. Esta conclusão está referida na síntese das principais conclusões do estudo preliminar (página 177).

Fornecedores: Adiantaram muito pouco aos requisitos do produto. Tomaram sempre uma postura bastante defensiva perante as questões mais críticas que lhes foram colocadas e refugiaram-se em normas (nomeadamente na EN 50.160) relativamente ao seu desempenho. Alguns dos inquiridos neste grupo de entrevistados revelaram conhecer bem os problemas do sector e a falta de transparência no relacionamento actual da distribuidora para com os seus clientes, mas manifestaram que as melhorias necessárias estão em curso e que estas representam investimentos muito elevados.

Especialistas: Este grupo de entrevistados adiantou pouco aos requisitos do produto e do serviço. Contudo facultaram um bom contributo nos domínios da evolução no sector, bem como das suas novas realidades. Teceram ainda algumas críticas aos responsáveis pelo sector eléctrico nacional, nomeadamente à Direcção Geral da Energia (DGE) e à Entidade Reguladora do Sector Eléctrico (ERSE), relativamente à falta de coragem para empreenderem medidas de liberalização

mais ambiciosas. Consideram que *"até hoje o processo deu apenas um pequeno e muito tímido passo"*.

Tabela 5.5 - Excerto de entrevista efectuada a um cliente do sector industrial.

2ª Como tem evoluído a Vossa exigência?

A nossa exigência tem aumentado e a qualidade tem piorado, sobretudo nos dois últimos anos.
Não sabemos bem porquê? Tentámos averiguar as razões, mas dão-nos sempre respostas muito genéricas. Foi um problema na rede de muito alta tensão .... Mas que tipo de problema? Volta a repetir-se? não volta a repetir-se ? Não há uma resposta clara sobre a realidade.
A empresa não age preventivamente, nem vai às causas dos problemas. O importante é resolver a situação do momento. Tivemos um problema muito grave em Agosto.

3ª Qual a criticidade da energia eléctrica para a Vossa actividade?

Para nós um corte de energia implica parar completamente a fábrica.
O processo é contínuo e altamente sensível às perturbações.
Na trefilagem um micro-corte é suficiente para partir o fio de cobre muito fino.
Para voltar a arrancar com essas máquinas podem ser precisas 3 horas.
Quando há trovoadas é impossível trabalhar, porque é anti-económico. Se trabalharmos nessas condições produzimos mais desperdício do que produto aproveitável.
Somos altamente dependentes da continuidade e da qualidade da onda recebida.

4ª Têm queixas quanto à qualidade do produto/serviço energia eléctrica que recebem?

Em relação ao serviço, atrevo-me a dizer que é pior que o produto.
A empresa nem sequer ouve os clientes, o que é de mais básico em qualquer política de qualidade.
Deviam querer saber o que se passa e desencadear acções que levassem a melhorias.
Acham que não têm que prestar contas a ninguém, como era antes com a P.T.
Se houvesse hoje a abertura real a concorrentes, a EDP estava muito mal!
Eu vou sair da P.T. (independentemente dos concorrentes serem mais caros ou baratos, melhores ou piores), simplesmente porque estou farto de aturar a sua postura e falta de respeito durante todo este tempo.
Quero lidar com alguém que esteja disposto a ouvir-me.

6ª O que mais aprecia no atendimento?

Neste momento não existe atendimento.
Eu sou um cliente (o maior deste distrito) que nunca recebeu uma visita do seu fornecedor. Isto em qualidade é muito esquisito.
Dada a minha factura energética (10.000 c/mês) penso que deveria ser visitado e auscultado sobre o meu grau de satisfação para com a Cenel.
Nunca fomos ouvidos ou entrevistados em nenhum estudo da Cenel.
Uma visita, pelo menos anual, aos clientes é um requisito mínimo de uma empresa como a Cenel.

9ª Caso pudesse, quais os factores que determinariam a sua escolha por um fornecedor alternativo?

1º - Energia com mais qualidade, 2º - Preço com igual importância.
A qualidade está a ficar-nos mais cara que o preço !
O ideal seria pagar o mesmo a outro fornecedor que me desse mais garantias reais.
Devia haver cláusulas contratuais indemnizatórias para as situações em que não há causas aparentes (como por exemplo as trovoadas).
Deviam modernizar as linhas, noutros países também há trovoadas e os cortes são menos.
Quando montámos a fábrica em Portugal, um dos requisitos da instalação era a qualidade da energia.

10ª Que características gostaria de ver incluídas ou melhoradas no produto/serviço energia eléctrica?

Menos cortes, maior estabilidade na tensão.
Em relação à poluição harmónica, não sei o que recebo, nem o que poluo neste momento.
Deveria controlar-se a poluição harmónica.
Temos muitos problemas. Há dias verificámos que o isolamento do cabo Neutro entre o PT e o Quadro Geral estava completamente queimado.
Temos a secção de N igual à das fases em toda a fábrica.

11ª Que sugestões dava ao seu fornecedor para melhorar o atendimento actual?

Primeiro fazer uma visita aos clientes e auscultar os seus problemas. A seguir elaborar um plano de acções para solucionar o que for possível.
Muitos dos problemas resolvem-se com boas práticas de gestão e bom senso.
Implementar uma gestão segmentada de clientes operacionalizando a gestão interna da EDP.

Tabela 5.6 - Excerto da listagem total das vozes dos clientes captadas com as entrevistas.

Questão 3: Qual a criticidade da energia eléctrica para a Vossa actividade?

• No meio urbano, os cortes são pouco frequentes e curtos. Só as trovoadas constituem um caso especial.
• No meio rural ficamos várias horas sem energia.
• Se não desligar os receptores sensíveis sei que posso ficar sem eles.
• A qualidade é crítica quando trabalho com equipamento informático.
• Os cortes são por vezes mais longos do que o que seria tolerável.
• Quando há problemas climatéricos originam-se cortes de muitos minutos.
• Energia é crítica para o PC mas resolvi o problema com a UPS.
• Sem energia pára tudo, porque não temos nenhum gerador alternativo.
• A qualidade da energia eléctrica é altamente crítica para a Indústria do Vidro.
• O processo é altamente dependente da qualidade da energia eléctrica.
• Somos 100 % dependentes da energia eléctrica.
• Havendo cortes o essencial era que fossem programados, pois poderíamos minimizar os seus efeitos.
• Somos altamente dependentes da energia e cortes provocam perdas irrecuperáveis nos tecidos que estão em produção.
• As perturbações nos níveis de tensão e os cortes muito curtos causam defeitos nos produtos e obrigam a rejeição de peças.
• Para nós um corte de energia implica parar completamente a fábrica.
• O processo é contínuo e altamente sensível às perturbações.
• Na trefilagem um micro-corte é suficiente para partir o fio de cobre muito fino.
• Para voltar a arrancar com essas máquinas podem ser precisas 3 horas.
• Quando há trovoadas é impossível trabalhar, porque é anti-económico. Se trabalharmos nessas condições produzimos mais desperdício do que produto aproveitável.
• Somos altamente dependentes da continuidade e da qualidade da onda recebida.
• A energia é para nós tão importante que temos um gerador de emergência, que arranca em 4 segundos e alimenta toda a fábrica em caso de cortes.
• Os cortes causam-nos problemas mas não são muito críticos.
• Alguns equipamentos automáticos causam percas de material significativas quando há cortes.
• Sem energia eléctrica do exterior o nosso processo pára parcialmente.

Fabricantes/distribuidores de equipamentos: As questões colocadas a este grupo de entrevistados, apesar de com base na aplicação do mesmo guião, incidiram sobretudo ao nível de conhecer as suas sensibilidades e interesse em disponibilizar tecnologias menos poluidoras e mais robustas. A síntese das opiniões captadas é a de que estes vendem o que o mercado procura e enquanto não houver legislação mais exigente no respeitante à responsabilização efectiva do fornecedor e do cliente, nos seus direitos e deveres (adopção de um Regulamento da Qualidade de Serviço), o mercado funcionará com recurso ao mais barato.

Verificou-se ainda que num grupo restrito de sectores industriais, sobretudo nas indústrias de processo contínuo, há empresas que já investem de forma preventiva instalando novas tecnologias para mitigar os impactos da falta de qualidade na energia eléctrica.

Foi ainda constatado que de um modo geral e para quase todos os sectores industriais se observa uma grande lacuna ao nível da utilização de equipamentos de medida modernos e adequados à natureza das grandezas eléctricas actuais. Este estado de coisas terá entre outras, as seguintes justificações:

1ª - Uma pequena percentagem dos técnicos (electricistas e instrumentistas) que mantêm os sistemas em operação compreendem a necessidade e as vantagens associadas ao uso da

moderna aparelhagem de medida (com a função *"True RMS"*, por exemplo) mas os seus responsáveis, devido à falta de sensibilidade para estes assuntos e evocando argumentos relacionados com custos, bloqueiam a compra de tais equipamentos, preferindo a aquisição de aparelhagem mais barata e sem essas capacidades.

2ª - Uma parte significativa do mercado de venda de equipamentos de medida funciona através de representantes revendedores multi-marcas. Os equipamentos de maior qualidade e com características adequadas às medidas nos novos ambientes são mais caros e duráveis que as alternativas sem essas capacidades. Ora do ponto de vista comercial vender equipamentos mais baratos (mas com margens de lucro mais elevadas) e com uma duração previsível inferior, são argumentos que os revendedores utilizam eficientemente, a seu favor, contra a venda de aparelhagem de medida com características mais evoluídas, se não existir pela parte de quem compra um exigência explícita nesse sentido.

5.4 Processamento das vozes

No final da etapa anterior (recolha das vozes) dispunhamos, como foi já referido, de um número elevado de vozes e imagens (460 vozes e cerca de 35 imagens) referentes ao fornecimento do produto/serviço energia eléctrica. Com base nesta informação foi elaborado um poster que pretende responder à questão: ***"Como vêem os clientes a electricidade?"***, sendo este apresentado no **Anexo F**.

O objectivo fundamental desta etapa consiste em traduzir as necessidades e aspirações dos clientes (vozes), enunciadas nas suas próprias palavras, em requisitos expressos numa linguagem mais objectiva. Esta transformação é efectuada de acordo com uma técnica desenvolvida por Ofuji Ono e Yoji Akao [Akao, 1990], que se apoia em princípios de tradução semântica.

5.4.1 Redução do número de vozes

Em presença de um número de vozes tão elevado, não seria fácil nem eficiente realizar a sua tradução semântica. Após uma análise criteriosa dos seus conteúdos, verificou-se que muitas vozes se referiam a soluções adiantadas pelos entrevistados e não propriamente a características e requisitos do produto. Estas foram extraídas e guardadas em separado para, caso fosse considerado necessário, virem a ser consultadas posteriormente. Depois deste passo concluído, as vozes restantes foram agrupadas segundo critérios de afinidade, relativamente a possíveis dimensões do produto, no sentido de poder reduzir ainda mais o seu número, sem que no entanto se perdesse informação relevante.

Numa primeira iteração este número foi reduzido para 262 vozes e numa segunda para 196, tendo sido este o conjunto que viria a ser utilizado nas etapas seguintes de aplicação da metodologia.

5.4.2 Transformação das vozes em requisitos

Mesmo com 196 vozes a tradução semântica foi ainda muito trabalhosa. Este facto deveu--se sobretudo à dimensão do problema e à complexidade do alvo da aplicação do QFD. Com efeito, o fornecimento de energia eléctrica envolve um conjunto de áreas todas elas bastante complexas, onde se destacam uma área relativa ao *produto energia eléctrica em si*, uma área relativa à *continuidade do seu fornecimento*, uma área relativa à *assistência técnica* e uma área relativa aos *aspectos comerciais* envolvidos.

Apesar de todo o cuidado com que foi desenvolvida a fase descrita em 5.4.1, em alguns casos os requisitos subjacentes nas vozes correspondiam ainda a micro-soluções (exemplos: *As intervenções técnicas críticas deveriam ser sempre supervisionadas por um responsável com formação superior* ou, *utilizar a "power line carrier" para transporte de informação de monitorização)*, e noutros confrontávamo-nos com ideias muito abrangentes e, por vezes, vagas, só possíveis de traduzir com o recurso ao contexto da sua proveniência e o auxílio das imagens fornecidas pelos interlocutores que as proferiram (estas estavam numeradas e era possível em qualquer instante conhecer a sua proveniência).

Das regras que orientaram a formulação dos requisitos, destacamos fundamentalmente as seguintes:

- Evitou-se formular requisitos pela negativa, na medida em que se pretendiam identificar requisitos funcionais do produto/serviço em estudo;
- Houve um esforço para se utilizarem frases concisas;
- Evitou-se recorrer a expressões que pudessem indiciar juízos de valor ou uma orientação pré-determinada, como *deve* ou *é obrigatório*;
- Tentou-se que cada requisito fosse claramente isolado.

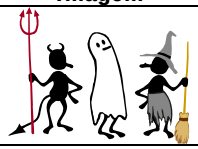
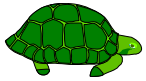
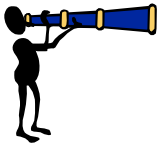
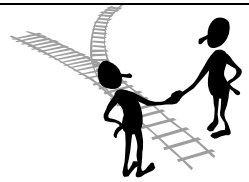
Na Tabela 5.7 apresenta-se um excerto das tabelas de tradução semântica integralmente apresentadas no **Anexo G**. Por consulta desse anexo, constatamos que a partir das 196 vozes e 35 imagens foram identificados 236 requisitos.

A título de comentário antecipado, enfatizamos a grande diferença em termos do número de requisitos emergentes para cada um dos sub-domínios relativos ao produto/serviço. Assim, foram identificados cerca de:

- 20 requisitos relacionados com a qualidade da onda;
- 83 requisitos relacionados com a continuidade do serviço;
- 133 requisitos relacionados com a qualidade comercial, aspectos do atendimento e do relacionamento com o cliente.

De entre as várias leituras possíveis para estes números, podemos considerar que eles são um indicador do índice de (in)satisfação relativamente a cada um dos domínios, podendo representar o maior número de requisitos em torno de cada a existência de maiores preocupações e a necessidade de efectuar mais melhorias.

Tabela 5.7 - Tradução semântica das vozes em requisitos (para vozes relacionadas com a **qualidade comercial**)

Vozes	Imagem	Palavra-Chave	Requisitos
• Em relação ao serviço, atrevo-me a dizer que é pior que o produto. • Neste momento não existe atendimento.		Mau serviço Mau atendimento	**(103)** Crucial melhorar o serviço de atendimento. **(104)** Dar grande atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.
• O serviço também é muito mau. A aprovação de um novo P.T. demorou imenso tempo.		Mau serviço Tempo de resposta demasiado longo	**(105)** Responder com rapidez aos pedido de novos serviços.
• Habituamo-nos a lidar com a EDP e a aceitá-la como é. • Há pouca exigência relativamente à EDP. As pessoas acomodam-se. • O custo da energia é desfasado no tempo, se fosse pago de uma só vez no ano, as pessoas reclamavam mais.		Conformismo Pouca exigência	**(106)** Dar confiança aos clientes para se manifestarem sem receios sobre o desempenho da distribuidora. **(106-a)** Incentivar os clientes a manifestarem-se a respeito da qualidade do produto/serviço prestados pela empresa. **(106-b)** Criar mecanismos para ir ao encontro dos clientes e auscultar as suas necessidades.
• Acham que não têm que prestar contas a ninguém, como era antes com a P.T. • Se houvesse hoje a abertura real a concorrentes, a EDP estava muito mal ! • Atendimento actual é mau porque a empresa é monopolista. Atendem quando atendem e como lhes apetece.		Monopólio Prepotência	**(107)** Aumentar o grau de satisfação dos clientes para rete-los num cenário de liberalização.
• Deveriam fazer inquéritos e ouvir mais as pessoas. • Deviam querer saber o que se passa e desencadear acções que levassem a melhorias. • Deveriam aprofundar os pontos fracos do fornecimento e melhorá-los efectivamente. • Nunca fomos ouvidos ou entrevistados em nenhum estudo da EDP.		Descer ao terreno e ouvir as reais necessidades dos clientes.	**(123)** Ouvir o que os clientes têm a dizer sobre o produto e o serviço. (124) Adoptar uma política de aprofundamento sistemático dos pontos em que os clientes se manifestam descontentes.
• Nem sempre há um bom contacto entre a empresa e os clientes. • A distribuidora deveria dialogar mais com os clientes e auscultar os seus problemas e queixas. A relação actual é muito distante !		Costas voltadas	**(125)** Aproximar a empresa dos clientes. **(126)** Criar laços de fidelização com os clientes, integrando-os nos processos de melhoria e da resolução de problemas.

5.4.3 Estruturação dos requisitos

Após a tradução semântica estávamos em presença de um número muito elevado de requisitos, completamente incomportável para a aplicação de alguns dos passos seguintes propostos pela metodologia QFD. Foi assim necessário recorrer ao uso de uma ferramenta para identificação dos requisitos mais importantes, designada por MPM ("Method for Priority Marking"), desenvolvida no livro *"Voices into Choices"* [Burchill, 1997]. A finalidade da aplicação desta ferramenta foi a de permitir ir reduzindo o número de requisitos de uma forma estruturada, desprezando os que íam sendo considerados menos importantes. Pretendeu-se com ela implementar a premissa do *"valuable many to vital few"*, obtendo no final um conjunto que representa as características mais importantes do produto/serviço em estudo. Através da aplicação sucessiva do MPM foi-se concentrando a atenção nos requisitos mais significativos ou *requisitos chave*.

Dada a impossibilidade de se constituir uma equipa para aplicação dos sucessivos MPM estes foram realizados, até um dado ponto, apenas pelo autor, tendo-se terminado ao fim de 4 iterações com o número de 48 requisitos, que são apresentados na Tabela 5.8. De acordo com as recomendações da metodologia QFD, o objectivo seria o de terminar com um número máximo de 30 requisitos, mas decidiu-se parar neste número, por se considerar que desprezar individualmente mais requisitos poderia significar perda de informação muito relevante.

5.4.4 Aplicação do método KJ

A aplicação do Método KJ [Saraiva, 1997] tem por objectivo estruturar os requisitos chave de forma a procurar entre eles afinidades no sentido de explorar inter-relações, nomeadamente avaliando possíveis relações causa-efeito.

Para a concretização deste objectivo foi formada uma equipa, constituída por 7 elementos externos ao trabalho, e identificados no diagrama KJ da página 189. Os requisitos apresentados na Tabela 5.8 foram transcritos para etiquetas "Post-it" e a primeira tarefa da equipa foi a de aplicar mais uma vez o MPM, no sentido de reduzir o número de requisitos para o valor máximo admitido pela metodologia KJ (30 requisitos). Assim, após a leitura em voz alta de cada requisito e a sua clara compreensão por todos os elementos da equipa, estes foram sendo distribuídos de forma aleatória sobre um papel de cenário. Concluída esta fase, cada elemento da equipa votou 4 requisitos (4x7=28) e no final o coordenador do grupo escolheu mais dois para completar o número de 30. Os requisitos não votados foram então removidos do ambiente de trabalho e guardados, e a aplicação do KJ seguiu com os 30 seleccionados.

O resultado final da aplicação desta ferramenta é apresentado na figura 5.1 (e no **Anexo H**) sendo a estruturação dos requisitos emergente da aplicação do método KJ apresentada na Tabela 5.9.

Tabela 5.8 - Requisitos chave.

Req. 1	(21) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.
Req. 2	(23) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.
Req. 3	(41) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.
Req. 4	(40) Disponibilizar energia com muito maior qualidade para as indústrias com processos sensíveis.
Req. 5	(78) O consumidor deve manifestar-se sempre que sinta motivos para isso.
Req. 6	(147) O que o consumidor manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.
Req. 7	(128) Mostrar ao consumidor que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.
Req. 8	(130) Quando o consumidor não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.
Req. 9	(133) Todo o colaborador contactado identifica-se e assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.
Req. 10	(38) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos consumidores sobre o produto e o serviço fornecidos.
Req. 11	(7) Disponibilizar meios para que os consumidores possam manifestar eficientemente as suas exigências.
Req. 12	(93) Todas as intervenções serem alvo de um inquérito para auscultar o nível de desempenho e permitir a melhoria contínua.
Req. 13	(167) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.
Req. 14	(115) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os consumidores.
Req. 15	(94-b) Implementar mecanismos de divulgação eficientes sobre as políticas de melhoria em curso.
Req. 16	(40) Disponibilizar serviço de assistência técnica rápido e eficaz para os sectores mais exigentes.
Req. 17	(61) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.
Req. 18	(141) O interface com o consumidor possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.
Req. 19	(153) Quem atende o consumidor sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.
Req. 20	(67) O atendimento ser acessível, rápido e igual para todos dentro do mesmo segmento e/ou região.
Req. 21	(88) Colaboradores apresentam-se sempre devidamente equipados e identificados e transmitem imagem de ordem e rigor.
Req. 22	(105) Responder com rapidez ao pedido de novos serviços.
Req. 23	(80) Relacionamento com os consumidores é efectuado sempre com cortesia e arte de bem receber.
Req. 24	(110) Criar mecanismos que facilitem a acessibilidade dos consumidores aos colaboradores da empresa.
Req. 25	(117) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos consumidores.
Req. 26	(171) Dispor de atendimento eficiente e permanente para consumidores especiais e segmentos mais exigentes.
Req. 27	(104) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os consumidores.
Req. 28	(210) Criar mecanismos eficientes de divulgação de todos os programas, incentivos e alternativas que apresentem vantagens para o consumidor.
Req. 29	(187) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.
Req. 30	(195) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.
Req. 31	(186) Custo da potência contratada ser muito inferior.
Req. 32	(214) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.
Req. 33	(213) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias).
Req. 34	(184) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.
Req. 35	(189) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o consumidor possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.
Req. 36	(217) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos consumidores no uso racional da energia eléctrica.
Req. 37	(159) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.
Req. 38	(202) Fundamental dar mais garantias por escrito ao consumidor.
Req. 39	(180) O contrato de fornecimento de energia deve explicitar bem os direitos e deveres de ambas as partes.
Req. 40	(172) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.
Req. 41	(175) Os consumidores assumem os seus deveres e devem ser responsabilizados pelas suas falhas.
Req. 42	198) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.
Req. 43	(199) Criar condições para diagnosticar avarias de modo remoto on-line.
Req. 44	(209) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.
Req. 45	(222) Disponibilizar pacote de seguros competitivo para equipamentos eléctricos.
Req. 46	(224) Diversificar a prestação de serviços e utilizar sinergias da empresa para vender outros serviços em parceria.
Req. 47	(52) Sem garantia de qualidade na energia, não há condições para a implantação de alguns sectores (novos consumidores!).
Req. 48	(35) É fundamental reduzir o numero de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.

Nota: a numeração dos requisitos apresentada entre parêntesis refere-se à numeração sequencial atribuída aquando da tradução semântica e está indexada a cada uma das vozes que lhe deu origem.

KJ **Figura. 1**

Tabela 5.9 - Estruturação dos requisitos emergente da aplicação do KJ.

Fornecer tudo a todos	**Serviços integrados**	**Aconselhamento Técnico ao Cliente**	(217) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos consumidores no uso racional da energia eléctrica.
			(189) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o consumidor possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.
		(105) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	
		(224) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.	
	Todos iguais todos diferentes	**Segmentação**	(171) Dispor de atendimento eficiente e permanente para consumidores especiais e segmentos mais exigentes.
			(117) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos consumidores.
		(41) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	
Casamento Empresa/ Cliente	**Honestidade**	**Transparência no relacionamento com o Cliente**	(180) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.
			(172) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.
			(202) Fundamental dar mais garantias por escrito ao consumidor.
		Responsabilizar colaboradores pelo contacto directo com o Cliente	(133) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.
			(167) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.
		Acabar com benefícios ilícitos	(213) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)
			(214) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.
	Relação estável	**Ao nosso lado nos bons e maus momentos**	(21) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.
			(159) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.
		Fiabilidade do produto e serviço	(35) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.
			(1) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.
			(61) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.
	Fidelidade recíproca Cliente/Empresa	**Obsessão pelo Cliente**	(147) O que o consumidor manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.
			(128) Mostrar ao consumidor que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.
			(38) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos consumidores sobre o produto e o serviço fornecidos.
		Relação directa com o cliente	(141) O interface com o consumidor possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.
			(104) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os consumidores.
			(153) Quem atende o consumidor sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.
		(130) Quando o consumidor não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	
Sobrevivência no meio envolvente	**Competitividade**	**Diminuição do custo do serviço**	(198) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.
			(186) Custo da potência contratada ser muito inferior.
		(209) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	
	(187) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.		

5.4.5 Elaboração final do quadro dos requisitos do produto/serviço

Após aplicado o método KJ, cujo resultado se apresenta na figura 5.1, considerou-se importante efectuar uma "repescagem" e análise muito cuidada aos requisitos desprezados no último MPM. De entre esses 18 (48-30), foram encontrados 6 que se considerou deverem ser integrados na tabela final dos requisitos referente ao produto/serviço. Estes foram então inseridos na estrutura de afinidades encontrada pela equipa KJ (representada na Tabela 5.9) e estão assinalados com o símbolo (♦) na Tabela 5.10. Considerou-se assim que deste modo se estariam a cumprir as regras de aplicação do método KJ, sem que no entanto se tivessem que perder alguns requisitos relevantes e a considerar nas etapas seguintes.

Passando assim o número de requisitos referentes ao produto/serviço, a considerar nas etapas seguintes, a ser de 36.

Na Tabela 5.10 destacam-se ainda as características que foram consideradas *pela equipa KJ* como as mais importantes no produto/serviço em análise, bem como os requisitos dos clientes que as permitiram evidenciar. Estas estão representadas com a célula a sombreado e são:

1º - Fiabilidade do produto e serviço (*****).

1º - Diminuição do custo do serviço (*****).

3º - Obsessão pelo cliente.

(*****) Com votação empatada.

Tabela 5.10 - Estrutura final com todos os requisitos relacionados com o fornecimento de energia eléctrica.

Fornecer tudo a todos	**Serviços integrados**	**Aconselhamento Técnico ao Cliente**	(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos consumidores no uso racional da energia eléctrica.
			(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o consumidor possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.
		(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	
		(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.	
	Todos iguais todos diferentes	**Segmentação**	(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos consumidores.
			(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para consumidores especiais e segmentos mais exigentes.
		(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	
Casamento Empresa/ Cliente	**Honestidade**	**Transparência no relacionamento com o Cliente**	(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao consumidor.
			(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.
			(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.
		Responsabilizar colaboradores pelo contacto directo com o Cliente	(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.
			(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.
		Acabar com benefícios ilícitos	(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)
			(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.
			♦ (15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.
	Relação estável	**Ao nosso lado nos bons e maus momentos**	(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.
			(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.
		1º Fiabilidade do produto e serviço	(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.
			(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.
			(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.
	Fidelidade recíproca Cliente/Empresa	**3º Obsessão pelo Cliente**	(21) O que o consumidor manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.
			(22) Mostrar ao consumidor que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.
			(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos consumidores sobre o produto e o serviço fornecidos.
			♦ (24) A empresa disponibiliza meios para que os consumidores possam manifestar eficientemente as suas exigências.
		Relação directa com o Cliente	(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os consumidores.
			(26) O interface com o consumidor possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.
			♦ (27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os consumidores.
			(28) Quem atende o consumidor sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.
		(29) Quando o consumidor não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	
Sobrevivência no meio envolvente	**Competitividade**	**1º Diminuição do custo do serviço**	(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.
			(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.
			♦ (32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.
		(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	
	(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.		
♦ (35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.			
♦ (36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos consumidores !			

5.5 Quantificação da importância dos requisitos

Para continuar com o processo de identificar o novo conceito de produto e de serviço associado ao fornecimento da energia eléctrica, era agora necessário quantificar e conhecer com rigor o modo como cada dos 36 requisitos (apresentados na Tabela 5.10), contribuía para a satisfação dos clientes.

Recorremos então à realização de um *questionário Kano*, cuja metodologia foi descrita no Capítulo 4.

5.5.1 Elaboração do questionário Kano

A elaboração do questionário Kano pautou-se pela preocupação constante de utilizar uma linguagem o mais clara e objectiva possível, tentando simultaneamente e em todas as circunstâncias não direccionar as respostas.

Relativamente à formulação das questões com a função a auscultar ausente, alguns autores alertam para a importância de evitar o recurso à negação directa do requisito [Shiba, 1995], utilizando nomeadamente a palavra *não*. Esta foi no entanto utilizada em algumas questões, pelo facto de assim se contribuir para que as mesmas se tornassem mais fáceis de interpretar .

Com o objectivo de tornar o questionário menos volumoso e de preenchimento mais rápido (o que facilitaria e incentivaria a resposta), este foi subdividido em duas partes: Parte 1 e Parte 2 (com 18 requisitos cada). Estas foram enviadas individualmente para grupos de clientes diferentes, mas teve-se o cuidado de enviar cada par de questionários (Parte 1 e Parte 2) para dois clientes do mesmo sector e da mesma região, por exemplo sector do *vidro*, sector da *pasta e de papel*, sector *cerâmico, etc.* para que, apesar do questionário não ser todo respondido pela mesma empresa e pessoa, a resposta conjunta pudesse ser a mais característica possível para aquele sector. Com o conhecimento adquirido nas fases anteriores, esta tarefa foi relativamente fácil de implementar e as expectativas em termos de respostas conjuntas plenamente atingidas.

Durante a elaboração do questionário optou-se por utilizar um único tipo para todos os clientes. Mas, para que fosse possível conhecer a proveniência das respostas, era inquirida a condição em que o cliente respondia, de entre as classificações pré-consideradas: *1.* cliente do sector industrial, *2.* cliente do sector dos serviços ou *3.* cliente do sector residencial. Esta informação permitiria analisar de que modo os diferentes grupos de clientes encaram a presença/ausência de cada um dos requisitos em análise.

5.5.2 Aplicação do questionário Kano

Para a aplicação do questionário Kano foi seleccionado um grupo de destinatários constituído por 40 empresas dos sectores industrial e dos serviços (participantes no *estudo preliminar* referido em 5.2.2) e algumas nas entrevistas para a recolha das vozes e, 20 outros clientes individuais, onde se integravam: especialistas do sector eléctrico, clientes residenciais

(em ambiente urbano e rural) e clientes do sector dos pequenos serviços. Alguns destes últimos destinatários vieram a responder às duas partes do questionário, o que permitiu o envio de 42 questionários da Parte 1 e 42 questionários da Parte 2.

A acompanhar o questionário era ainda enviada uma carta, dirigida de forma personalizada ao responsável pelo sector eléctrico da empresa, onde se explicavam de forma sucinta os objectivos do mesmo, a base da sua metodologia, a forma como deveria ser preenchido e onde se oferecia o envio dos resultados para os inquiridos que manifestassem esse interesse (toda esta informação é apresentada no **Anexo I**).

Os questionários foram expedidos em 24 de Abril de 2000 e até 31 de Maio de 2000 foram recebidas 16 respostas completas (Parte 1 e Parte 2) do sector doméstico e 18 provenientes dos sectores industrial e dos serviços (taxa de retorno de 80,9%), o que permitiu proseguir com as fases descritas a seguir.

Clientes	Nº Questionários recebidos
Industriais	12
Serviços	6
Domésticos	16
Total	**34**

A amostra dos questionários Kano recebidos, além de se caracterizar por possuir uma heterogeneidade bastante elevada dentro de cada segmento inquirido, foi respondida por pessoas seleccionadas por critérios de elevada exigência no respeitante às características das empresas/organizações a que pertenciam e dos seus perfis pessoais. Por este facto, pensamos poderem dar uma elevada garantia de qualidade e de representatividade face aos objectivos em estudo.

5.5.3 Análise dos questionários Kano

Uma análise detalhada dos questionários Kano é apresentada no **Anexo J**, sendo aqui apenas descrita a metodologia utilizada, e integrados os respectivos resultados em tabelas.

1ª Fase: Classificação dos requisitos

Uma vez recebidos os questionários Kano, estes foram agrupados segundo os seus segmentos de proveniência e deu-se início ao tratamento. A primeira operação consistiu na classificação de cada requisito de acordo com as designações a seguir descritas.

O - *Requisitos Obrigatórios:* Têm obrigatoriamente que fazer parte do produto/serviço. Constituem algo que é imprescindível no produto/serviço e que se caracteriza pelo facto de a sua presença não provocar qualquer satisfação mas a sua ausência provocar uma grande insatisfação.

P - *Requisitos Proporcionais:* São requisitos cuja satisfação que causam é tanto maior quanto mais elevada for a sua presença no produto/serviço.

A - *Requisitos Atraentes:* São requisitos que o cliente não espera à partida ver incluídos no produto/serviço. Por este motivo a sua ausência não provoca insatisfação, mas a sua presença

provoca grande satisfação permitindo causar encantamento, por ser algo que excede no momento as expectativas. Estes requisitos tendem no entanto com o tempo a tornar-se Obrigatórios, pois após a sua percepção passam a integrar as características que os clientes esperam do produto/serviço.

I - *Requisitos Indiferentes:* São requisitos cuja presença ou ausência no produto/serviço não exerce qualquer influência no nível de satisfação do cliente.

D - *Requisitos Duvidosos:* A classificação de requisitos com esta designação revela que o seu estudo é inconclusivo, resultando este facto geralmente de um questionário deficientemente redigido ou de respostas contraditórias.

C - *Requisitos Contraditórios:* São requisitos que não reúnem consenso em torno da sua classificação e necessitam portanto de um estudo mais detalhado ou de uma formulação efectuada de modo diferente.

A atribuição de uma das classificações anteriores a cada requisito foi efectuada a partir das respostas de cada cliente ao questionário e de acordo com a matriz a seguir apresentada, onde para cada par de respostas à função presente e à função ausente era atribuída a respectiva classificação, a partir da sua leitura cruzada, tendo este processo sido efectuado para todos os requisitos de todos os questionários recebidos.

Tabela 5.11 - Matriz de classificação dos requisitos.

		Função ausente				
		1. Agrada-me	2. Tem que ser assim	3. É-me indiferente	4. Posso tolerar	5. Desagrada--me
Função Presente	1. Agrada-me	D	A	A	A	P
	2. Tem que ser assim	C	I	I	I	O
	3. É-me indiferente	C	I	I	I	O
	4. Posso tolerar	C	I	I	I	O
	5. Desagrada-me	C	C	C	C	D

Legenda: **A** - Atraente **O** - Obrigatório **P** - Proporcional
C - Contraditório **I** - Indiferente **D** - Duvidoso

Determinação da classificação dominante

O resultado da contagem das classificações encontra-se expresso, em frequências relativas percentuais, na Tabela 5.12, apresentando-se na coluna da direita a *classificação dominante* para cada requisito. Caso tivessem existido dificuldades na interpretação de algumas questões, apareceriam nesta Tabela requisitos classificados de forma dominante como duvidosos ou contraditórios. Como pode verificar-se, tal não ocorreu, pelo que podemos considerar que as questões foram bem compreendidas.

Tabela 5.12 - Resultados globais da contagem de classificações dos questionários Kano (com as frequências relativas percentuais).

Requisitos	A	O	P	I	D	C	Dom.
(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos consumidores no uso racional da energia eléctrica.	17,6	17,6	**64,7**	0,0	0,0	0,0	**P**
(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o consumidor possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	20,6	8,8	**64,7**	5,9	0,0	0,0	**P**
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	32,4	**44,1**	17,6	5,9	0,0	0,0	**O**
(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.	**47,1**	14,7	0,0	35,3	0,0	2,9	**A**
(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos consumidores.	5,9	17,6	32,4	**35,3**	2,9	5,9	**I**
(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para consumidores especiais e segmentos mais exigentes.	5,9	23,5	**41,2**	17,6	0,0	11,8	**P**
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	**35,3**	5,9	26,5	26,5	2,9	2,9	**A**
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao consumidor.	5,9	23,5	**55,9**	14,7	0,0	0,0	**P**
(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	0,0	**61,8**	23,5	5,9	8,8	0,0	**O**
(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	17,6	**29,4**	23,5	**29,4**	0,0	0,0	**O/I**
(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	23,5	11,8	17,6	**47,1**	0,0	0,0	**I**
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	0,0	**50,0**	26,5	20,6	2,9	0,0	**O**
(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	23,5	11,8	23,5	**41,2**	0,0	0,0	**I**
(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	11,8	11,8	23,5	**38,2**	5,9	8,8	**I**
(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	11,8	23,5	23,5	**41,2**	0,0	0,0	**I**
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	0,0	44,1	**52,9**	0,0	0,0	2,9	**P**
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	5,9	35,3	**41,2**	17,6	0,0	0,0	**P**
(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	5,9	29,4	**35,3**	29,4	0,0	0,0	**P**
(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	5,9	**35,3**	**35,3**	11,8	11,8	0,0	**O/P**
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	0,0	**35,3**	**35,3**	5,9	0,0	23,5	**O/P**
(21) O que o consumidor manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	11,8	17,6	**58,8**	5,9	0,0	5,9	**P**
(22) Mostrar ao consumidor que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	8,8	35,3	**55,9**	0,0	0,0	0,0	**P**
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos consumidores sobre o produto e o serviço fornecidos.	20,6	5,9	**52,9**	17,6	0,0	2,9	**P**
(24) A empresa disponibiliza meios para que os consumidores possam manifestar eficientemente as suas exigências.	23,5	**41,2**	32,4	2,9	0,0	0,0	**O**
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os consumidores.	**29,4**	**29,4**	23,5	17,6	0,0	0,0	**O/A**
(26) O interface com o consumidor possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	11,8	38,2	**44,1**	5,9	0,0	0,0	**P**
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os consumidores.	**52,9**	5,9	23,5	17,6	0,0	0,0	**A**
(28) Quem atende o consumidor sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	**47,1**	14,7	17,6	11,8	0,0	8,8	**A**
(29) Quando o consumidor não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	23,5	**41,2**	29,4	5,9	0,0	0,0	**O**
(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	23,5	26,5	**35,3**	5,9	5,9	2,9	**P**
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	**47,1**	5,9	35,3	8,8	0,0	2,9	**A**
(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	20,6	14,7	**47,1**	2,9	0,0	14,7	**P**
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	20,6	29,4	**41,2**	5,9	0,0	2,9	**P**
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	11,8	23,5	**29,4**	**29,4**	0,0	5,9	**P/I**
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	0,0	26,5	**38,2**	32,4	2,9	0,0	**P**
(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos consumidores !	0,0	**70,6**	23,5	5,9	0,0	0,0	**O**

A partir da informação apresentada na coluna da direita da Tabela 5.12, foram construídas a Figura 5.2 e a Tabela 5.13, que sintetizam os resultados desta operação e que poderão fornecer um apoio importante na concepção e/ou aperfeiçoamento do produto/serviço em análise.

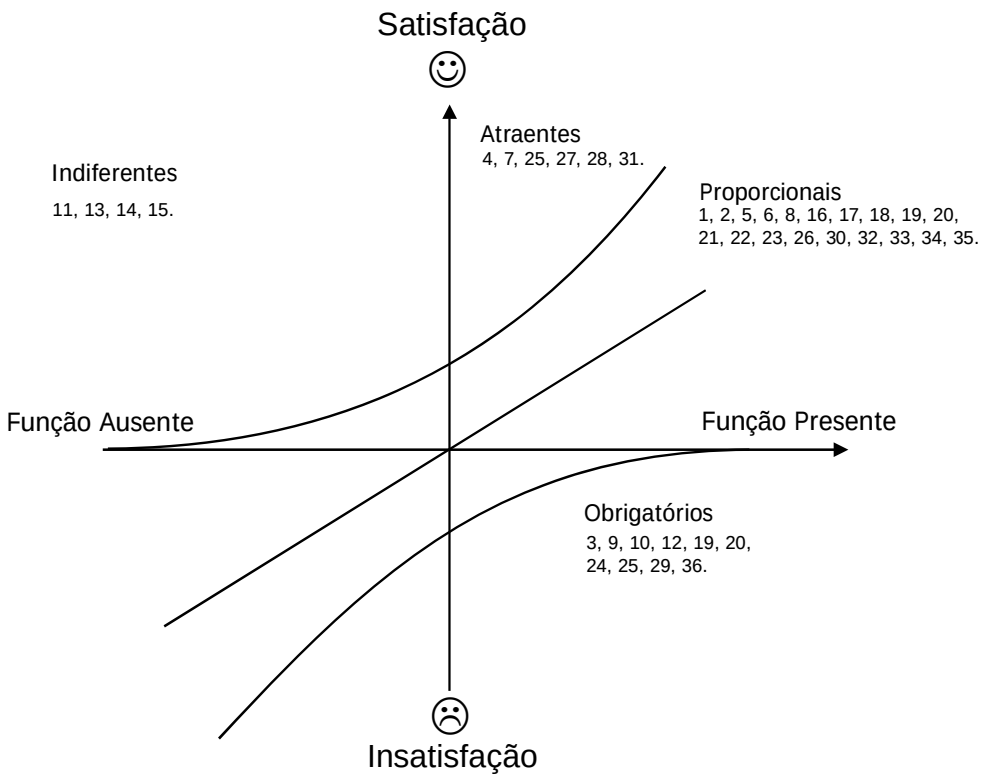


Figura 5.2 - Gráfico de Kano para os requisitos de todos os clientes.

Como pode observar-se pela Figura 5.2 e Tabela 5.13, a maioria dos requisitos (18) foi classificado como proporcional, o que parece indicar que apesar de o carácter destes não ser muito inovador, a satisfação que podem proporcionar não está completamente explorada, dado que a sua presença constitui motivo de satisfação para os clientes.

O número de requisitos considerados atraentes (6) é bastante significativo, o que poderá representar um bom potencial de aperfeiçoamento do produto/serviço e de novas formas de actuar neste contexto.

O número de requisitos obrigatórios é também muito elevado (10), significando este facto que estamos num sector (produto e serviço) caracterizado por uma elevada complexidade e exigência para com o seu fornecimento. Este facto é facilmente compreensível devido à natureza do produto/serviço em análise, bem como dos critérios que foram utilizados na selecção dos inquiridos.

O número de requisitos considerados indiferentes (4) revela um conjunto de requisitos com os quais não precisamos de nos preocupar, pois, de acordo com as opiniões dos clientes, a sua presença não exerce influência significativa sobre o seu nível de satisfação.

Tabela 5.13 - Listagem da classificação dos requisitos para a totalidade dos clientes.

Obrigatórios

(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	**O/P**
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	**O/P**
(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	**O/I**
(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos consumidores!	**O**
(24) A empresa disponibiliza meios para que os consumidores possam manifestar eficientemente as suas exigências.	**O**
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	**O**
(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	**O**
(29) Quando o consumidor não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	**O**
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	**O**

Proporcionais

(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	**P**
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	**P**
(26) O interface com o consumidor possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	**P**
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	**P**
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos consumidores sobre o produto e o serviço fornecidos.	**P**
(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos consumidores no uso racional da energia eléctrica.	**P**
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	**P**
(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	**P**
(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o consumidor possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	**P**
(22) Mostrar ao consumidor que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	**P**
(21) O que o consumidor manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	**P**
(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para consumidores especiais e segmentos mais exigentes.	**P**
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	**P**
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao consumidor.	**P**
(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	**P**
(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos consumidores.	**P**
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	**P/I**

Atraentes

(28) Quem atende o consumidor sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	**A**
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os consumidores.	**O/A**
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os consumidores.	**A**
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	**A**
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	**A**
(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviços em parceria.	**A**

Indiferentes

(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	**I**
(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	**I**
(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	**I**
(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	**I**

2ª Fase: Determinação da importância relativa de cada um dos requisitos

Como pode verificar-se pela análise do questionário Kano (**Anexo I**), neste era também inquirida a importância que o cliente atribui a cada requisito, numa escala classificativa de *Muito Importante* a *Sem Importância*.

Utilizando a informação das respostas a esta questão, foi então possível atribuir a cada requisito um nível de importância calculado com base na seguinte ponderação:

Grau de importância	Ponderação
Muito Importante	9 pontos
Importante	6 pontos
Relativamente Importante	3 pontos
Pouco Importante	1 ponto
Sem Importância	0 pontos

O resultado final do cálculo da importância global atribuída, com base na informação inquirida e nesta ponderação, é apresentado no campo **Imp**. da Tabela 5.14, onde se apresentam os requisitos ordenados por ordem decrescente do seu grau de importância relativa, para a totalidade dos clientes.

É de realçar que apenas **30%** dos requisitos desta tabela (da posição 1 à 11ª), receberam uma classificação de elevada importância relativa (superior a 7 pontos), verificando-se ainda que de entre estes, a maioria é classificada como *obrigatória* e *proporcional*, surgindo apenas um requisito classificado como *atraente*.

Temos depois um grupo de 15 requisitos, **41%** do total (situados entre as posições 12ª e 26ª), que receberam uma classificação intermédia de importância relativa.

Os restantes **29%** (abaixo da posição 27ª) receberam uma classificação de baixa importância relativa, relativamente à totalidade dos requisitos em análise. É de realçar ainda que a maioria dos requisitos classificados como *atraentes* (quatro do total de seis), surgem nesta última faixa, o que constitui um dado curioso. Uma possível explicação para esta evidência pode dever-se ao facto de estarmos a analisar a informação conjunta de todos os segmentos de clientes. Juntar as opiniões de clientes do sector industrial (em número de 12), com as opiniões de clientes dos sectores dos serviços e residencial (em número de 22), que possuem exigências muito distintas e que podem encarar de forma muito diferente á presença dos requisitos em análise no produto/serviço energia eléctrica, pode ser a causa. Por esta razão, parece-nos importante efectuar uma análise por segmento de clientes por forma a clarificar devidamente estes aspectos.

Tabela 5.14 - Listagem dos requisitos segundo o seu grau de importância relativa decrescente e classificação dominante (para todos os clientes).

Classif.	Requisitos	Imp.	Class.
1º	(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	8,65	O/P
2º	(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	8,47	P
3º	(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	8,29	O/P
4º	(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	8,12	O/I
5º	(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos consumidores !	7,94	O
6º	(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	7,76	P
7º	(26) O interface com o consumidor possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	7,76	P
8º	(28) Quem atende o consumidor sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	7,76	A
9º	(24) A empresa disponibiliza meios para que os consumidores possam manifestar eficientemente as suas exigências.	7,24	O
10º	(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	7,24	P
11º	(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos consumidores sobre o produto e o serviço fornecidos.	7,06	P
12º	(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos consumidores no uso racional da energia eléctrica.	6,88	P
13º	(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	6,88	O
14º	(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	6,88	O
15º	(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	6,88	P
16º	(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	6,88	P
17º	(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o consumidor possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	6,76	P
18º	(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os consumidores.	6,76	O/A
19º	(22) Mostrar ao consumidor que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	6,71	P
20º	(21) O que o consumidor manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	6,53	P
21º	(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para consumidores especiais e segmentos mais exigentes.	6,41	P
22º	(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	6,41	P
23º	(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao consumidor.	6,29	P
24º	(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	6,24	P
25º	(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	6,18	I
26º	(29) Quando o consumidor não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	6,00	O
27º	(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos consumidores.	5,65	I
28º	(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os consumidores.	5,59	A
29º	(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	5,53	A
30º	(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	5,53	I
31º	(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	5,53	A
32º	(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	5,47	I
33º	(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	5,35	O
34º	(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	5,24	P/I
35º	(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviços em parceria.	3,71	A
36º	(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	3,12	I

Tabela 5.15 - Agrupamento dos requisitos em torno das classificações dominantes e segundo o seu grau de importância relativa decrescente, para a totalidade dos clientes.

Obrigatórios	**Class.**	**Imp.**
(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	**O**	8,65
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	**O**	8,29
(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	**O**	8,12
(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos consumidores!	**O**	7,94
(24) A empresa disponibiliza meios para que os consumidores possam manifestar eficientemente as suas exigências.	**O**	7,24
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	**O**	6,88
(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	**O**	6,88
(29) Quando o consumidor não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	**O**	6,00
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	**O**	5,35
Proporcionais		
(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	**P**	8,47
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	**P**	7,76
(26) O interface com o consumidor possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	**P**	7,76
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	**P**	7,24
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos consumidores sobre o produto e o serviço fornecidos.	**P**	7,06
(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos consumidores no uso racional da energia eléctrica.	**P**	6,88
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	**P**	6,88
(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	**P**	6,88
(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o consumidor possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	**P**	6,76
(22) Mostrar ao consumidor que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	**P**	6,71
(21) O que o consumidor manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	**P**	6,53
(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para consumidores especiais e segmentos mais exigentes.	**P**	6,41
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	**P**	6,41
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao consumidor.	**P**	6,29
(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	**P**	6,24
(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos consumidores.	**P**	5,65
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	**P**	5,24
Atraentes		
(28) Quem atende o consumidor sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	**A**	7,76
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os consumidores.	**A**	6,76
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os consumidores.	**A**	5,59
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	**A**	5,53
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	**A**	5,53
(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviços em parceria.	**A**	3,71
Indiferentes		
(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	**I**	6,18
(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	**I**	5,53
(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	**I**	5,47
(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	**I**	3,12

Na Tabela 5.15 apresentam-se os requisitos agrupados em torno das suas classificações dominantes, estando ainda (dentro de cada classificação) estes ordenados pelo seu índice de importância relativa. Como podemos constatar, os níveis de importância relativa apresentam uma grande dispersão dentro de cada grupo, verificando-se que o agrupamento dos requisitos classificados como *atraentes* surge em terceiro lugar no "ranking" da importâncias relativas atribuídas, o que pode ser explicado pelo facto de os clientes globalmente valorizarem em primeiro e segundo lugar os requisitos *obrigatórios* e *proporcionais*, e só depois os *atraentes*. Estes constituem factores com potencial para exceder as expectativas dos clientes, mas globalmente estes desejam ver primeiro assegurados os requisitos essenciais no produto/serviço, o que faz todo o sentido!

Pelas dúvidas a respeito da interpretação da Tabela 5.14, já referidas, parece-nos essencial efectuar uma análise por segmento de clientes a fim de clarificá-las.

5.5.4 Aprofundamento do estudo com uma análise detalhada por segmento de mercado

Com vista ao aprofundamento do estudo dos requisitos, procedemos a uma análise detalhada dos questionários Kano, por segmento de mercado, com os seguintes objectivos:

1. Fornecer uma melhor compreensão dos requisitos;
2. Permitir estabelecer prioridades entre eles;
3. Distinguir quais as especificidades em termos de exigências dos diferentes segmentos de mercado em estudo.

Para a realização desta análise optou-se por efectuar uma segmentação, tendo por base a percepção das necessidades específicas que foram sendo objectiva e subjectivamente captadas a partir de todos os contactos efectuados com os clientes e das informações emergentes de todo o trabalho desenvolvido até ao momento.

Decidiu-se assim considerar, para este efeito, os dois segmentos que se seguem:

1. Clientes domésticos (ou pequenos clientes) onde se integram o sector residencial e o sector dos pequenos serviços;

2. Clientes industriais (ou grandes clientes) onde se integram o sector industrial e o sector dos serviços.

Com base nesta opção, efectuou-se uma análise requisito a requisito, apresentada no **Anexo J**, apresentado-se nas páginas seguintes a síntese de toda a informação analisada.

Tabela 5.16 - Classificação e importância relativa atribuída aos requisitos pelos diferentes grupos de clientes.

Requisitos	Domésticos		Industriais		Total	
	Classif.	Imp.	Classif.	Imp.	Classif (*)	Imp.
(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos clientes no uso racional da energia eléctrica.	**P**	6,38	**P**	7,33	**P**	6,88
(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	**P**	6,50	**P**	7,00	**P**	6,76
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	**O**	7,88	**O**	6,00	**O**	6,88
(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviços em parceria.	**A**	4,50	**I**	3,00	**A**	3,71
(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	**I**	5,63	**P**	5,67	**I**	5,65
(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	**I**	6,38	**P**	6,44	**P**	6,41
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	**A**	6,38	**P**	4,78	**A**	5,53
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	**P**	5,13	**P**	7,33	**P**	6,29
(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	**O**	7,13	**O**	6,67	**O**	6,88
(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	**I**	7,50	**O**	8,67	**O/I**	8,12
(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	**I**	5,38	**I**	5,67	**I**	5,53
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	**P**	4,50	**O**	6,11	**O**	5,35
(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	**I**	2,38	**P/I**	3,78	**I**	3,12
(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	**I**	5,13	**P/I**	5,78	**I**	5,47
(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	**I**	6,00	**I**	6,33	**I**	6,18
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	**P**	7,13	**O**	8,33	**P**	7,76
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	**P**	7,50	**O/P/I**	6,33	**P**	6,88
(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	**P**	8,25	**O/I**	8,67	**P**	8,47
(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	**O**	8,63	**P**	8,67	**O/P**	8,65
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	**P**	8,25	**O/P**	8,33	**O/P**	8,29
(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	**P**	6,75	**O**	6,33	**P**	6,53
(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	**P**	6,75	**O/P**	6,67	**P**	6,71
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	**P**	7,13	**P**	7,00	**P**	7,06
(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	**O**	7,88	**A**	6,67	**O**	7,24
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	**O**	7,50	**A**	6,11	**O/A**	6,76
(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	**O/P**	8,25	**P**	7,33	**P**	7,76
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	**A**	5,00	**A**	6,11	**A**	5,59
(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	**A**	7,88	**A**	7,67	**A**	7,76
(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	**O**	6,38	**P/A**	5,67	**O**	6,00
(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	**A**	7,13	**P**	6,67	**P**	6,88
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	**A**	5,00	**A**	6,00	**A**	5,53
(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	**P**	5,75	**P**	6,67	**P**	6,24
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	**P**	7,13	**O/P**	7,33	**P**	7,24
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	**I**	4,38	**O**	6,00	**I**	5,24
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	**P**	5,38	**P/I**	7,33	**P**	6,41
(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes !	**O**	8,25	**O**	7,67	**O**	7,94

(*) Classificação dominante.

1. Análise detalhada para o segmento dos Clientes domésticos

Tabela 5.17 - Requisitos ordenados por ordem decrescente do grau de importância relativa para os clientes domésticos.

Classif.	Requisitos	Imp.	Class.
1º	(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	8,63	O
2º	(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	8,25	P
3º	(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	8,25	P
4º	(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	8,25	O/P
5º	(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes !	8,25	O
6º	(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	7,88	O
7º	(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	7,88	O
8º	(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	7,88	A
9º	(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	7,50	I
10º	(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	7,50	P
11º	(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	7,50	O
12º	(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	7,13	O
13º	(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	7,13	P
14º	(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	7,13	P
15º	(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	7,13	A
16º	(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	7,13	P
17º	(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	6,75	P
18º	(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	6,75	P
19º	(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	6,50	P
20º	(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos clientes no uso racional da energia eléctrica.	6,38	P
21º	(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	6,38	I
22º	(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	6,38	A
23º	(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	6,38	O
24º	(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	6,00	I
25º	(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	5,75	P
26º	(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	5,63	I
27º	(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	5,38	I
28º	(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	5,38	P
29º	(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	5,13	P
30º	(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	5,13	I
31º	(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	5,00	A
32º	(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	5,00	A
33º	(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviços em parceria.	4,50	A
34º	(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	4,50	P
35º	(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	4,38	I
36º	(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	2,38	I

Tabela 5.18 - Agrupamento dos requisitos segundo a sua classificação para os clientes domésticos.

Obrigatórios

(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	**O**	8,63
(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes !	**O**	8,25
(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	**O/P**	8,25
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	**O**	7,50
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	**O**	7,88
(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	**O**	7,88
(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	**O**	7,13
(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	**O**	6,38

Proporcionais

(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	**P**	8,25
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	**P**	8,25
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	**P**	7,50
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	**P**	7,13
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	**P**	7,13
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	**P**	7,13
(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	**P**	6,75
(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	**P**	6,75
(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	**P**	6,50
(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos clientes no uso racional da energia eléctrica.	**P**	6,38
(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	**P**	5,75
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	**P**	5,38
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	**P**	5,13
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	**P**	4,50

Atraentes

(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	**A**	7,88
(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	**A**	7,13
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	**A**	6,38
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	**A**	5,00
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	**A**	5,00
(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.	**A**	4,50

Indiferentes

(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	**I**	7,50
(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	**I**	6,38
(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	**I**	6,00
(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	**I**	5,63
(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	**I**	5,38
(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	**I**	5,13
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	**I**	4,38
(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	**I**	2,38

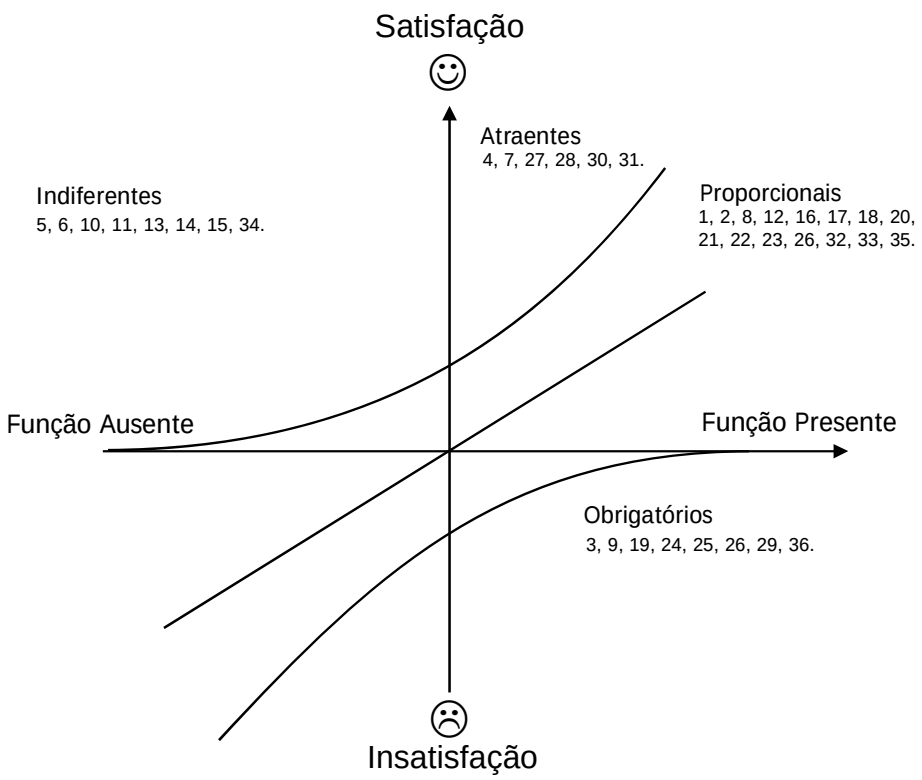


Figura 5.3 - Gráfico de Kano para os requisitos dos clientes domésticos.

Como pode observar-se a partir da Figura 5.3 e Tabela 5.18, a maioria dos requisitos (15) foram classificados como proporcionais, o que parece indicar que, apesar do carácter destes não ser muito inovador, a satisfação que podem proporcionar não está completamente explorada, dado que a sua presença constitui motivo de satisfação para os clientes domésticos.

O número de requisitos considerados atraentes (6) é muito significativo, o que poderá representar um bom potencial de aperfeiçoamento do produto/serviço ou e de novas formas de actuar junto deste segmento de mercado.

O número de requisitos obrigatórios é também muito elevado (8), significando este facto que estamos perante um sector que se caracteriza por uma elevada exigência dos clientes para com o fornecimento de energia eléctrica. Este facto é facilmente compreensível devido à natureza do produto/serviço em análise, bem como ao cuidado utilizado na selecção dos inquiridos.

O número de requisitos considerados indiferentes (8) revela um conjunto de requisitos com os quais não precisamos de nos preocupar pois, de acordo com as opiniões dos clientes domésticos, a sua presença não exerce influência significativa sobre o seu nível de satisfação.

É de realçar que relativamente à posição em que surgem os requisitos agrupados em torno da classificação *atraente*, em terceiro lugar, se mantém a tendência evidenciada na Tabela 5.15 para a totalidade dos clientes.

2. Análise detalhada para o segmento dos Clientes industriais

Tabela 5.19 - Requisitos ordenados por ordem decrescente do grau de importância relativa para os clientes industriais.

Classif.	Requisitos	Imp.	Class.
1º	(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	8,67	**O**
2º	(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	8,67	**O / I**
3º	(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	8,67	**P**
4º	(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	8,33	**O**
5º	(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	8,33	**O/P**
6º	(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	7,67	**A**
7º	(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes !	7,67	**O**
8º	(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos clientes no uso racional da energia eléctrica.	7,33	**P**
9º	(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	7,33	**P**
10º	(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	7,33	**P**
11º	(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	7,33	**O / P**
12º	(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	7,33	**P / I**
13º	(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	7,00	**P**
14º	(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	7,00	**P**
15º	(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	6,67	**O**
16º	(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	6,67	**O / P**
17º	(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	6,67	**A**
18º	(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	6,67	**P**
19º	(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	6,67	**P**
20º	(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	6,44	**P**
21º	(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	6,33	**I**
22º	(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	6,33	**O / P / I**
23º	(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	6,33	**O**
24º	(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	6,11	**O**
25º	(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	6,11	**A**
26º	(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	6,11	**A**
27º	(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	6,00	**O**
28º	(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	6,00	**A**
29º	(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	6,00	**O / P**
30º	(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	5,78	**P / I**
31º	(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	5,67	**P**
32º	(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	5,67	**I**
33º	(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	5,67	**P / A**
34º	(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	4,78	**P**
35º	(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	3,78	**P / I**
36º	(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.	3,00	**I**

Tabela 5.20 - Agrupamento dos requisitos segundo a sua classificação para os clientes industriais.

Obrigatórios

(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	**O / I**	8,67
(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	**O**	8,67
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	**O**	8,33
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	**O/P**	8,33
(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes!	**O**	7,67
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	**O / P**	7,33
(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	**O / P**	6,67
(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	**O**	6,67
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	**O / P / I**	6,33
(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	**O**	6,33
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	**O**	6,11
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	**O**	6,00

Proporcionais

(19) É fundamental reduzir o numero de cortes e a sua duração.	**P**	8,67
(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos clientes no uso racional da energia eléctrica.	**P**	7,33
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	**P**	7,33
(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	**P**	7,33
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	**P / I**	7,33
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	**P**	7,00
(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	**P**	7,00
(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	**P**	6,67
(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	**P**	6,67
(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	**P**	6,44
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	**O / P**	6,00
(14) Implementar mecanismos para cobrar apenas o consumo real.	**P / I**	5,78
(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	**P**	5,67
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	**P**	4,78
(13) Pagar o produto energia de forma idêntica ao dos outros produtos (60 dias)	**P / I**	3,78

Atraentes

(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	**A**	7,67
(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	**A**	6,67
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	**A**	6,11
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	**A**	6,11
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	**A**	6,00
(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	**A / P**	5,67

Indiferentes

(15) Quando ultrapassada a potência contratada ser penalizado apenas pela energia consumida nessa circunstância.	**I**	6,33
(11) Todo o colaborador contactado (identifica-se e) assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema.	**I**	5,67
(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.	**I**	3,00

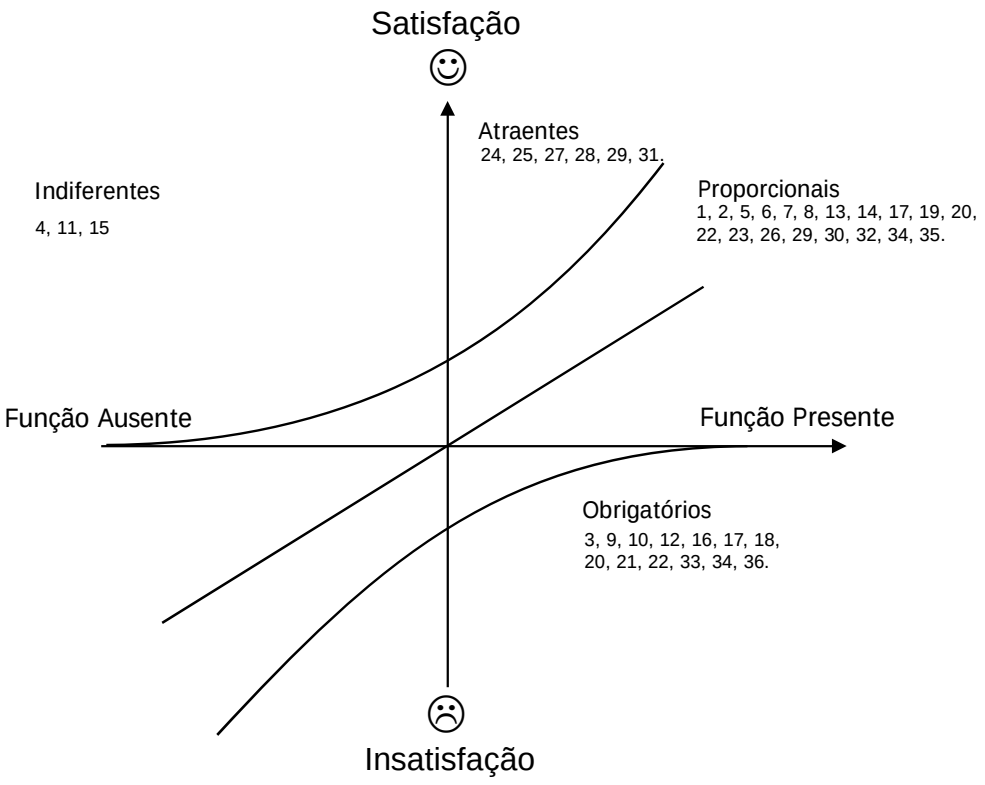


Figura 5.4 - Gráfico de Kano para os requisitos dos clientes industriais.

Como pode observar-se a partir da Figura 5.4 e Tabela 5.20, a maioria dos requisitos (19) foram classificados pelos clientes industriais como proporcionais, o que parece indicar que, apesar de o carácter destes não ser muito inovador, a satisfação que podem proporcionar não está completamente explorada, dado que a sua presença constitui motivo de satisfação para os clientes industriais.

O número de requisitos considerados atraentes (6) é muito significativo, o que poderá representar um bom potencial de aperfeiçoamento do produto/serviço ou e de novas formas de actuar neste contexto.

O número de requisitos obrigatórios é também muito elevado (13), significando este facto que estamos perante um sector que é caracterizado por uma elevada complexidade, e que os clientes industriais possuem uma elevada exigência de qualidade e conhecimento, relativamente ao fornecimento de energia eléctrica. Este facto é facilmente compreensível devido à natureza do produto/serviço em análise, bem como dos critérios de selecção utilizados para a selecção dos inquiridos.

O número de requisitos considerados indiferentes (3) revela um conjunto de requisitos com os quais não precisamos de perder tempo nem atenção pois, de acordo com as opiniões dos clientes deste sector, a sua presença não exerce influência significativa sobre o seu nível de satisfação.

Em relação ao posicionamento relativo dos requisitos *atraentes*, mantém-se a tendência evidenciada para a totalidade dos clientes e para o sector doméstico, surgindo estes depois dos *obrigatórios* e dos *proporcionais*.

5.6 Definição do novo conceito de produto e de serviço

Para encontrar os novos conceitos de produto e de serviço, que correspondam às necessidades e expectativas auscultadas a partir dos clientes, e para a definição das medidas concretas (ou características) a serem implementadas para os poder concretizar, decidiu-se efectuar, como passos intermédios, três análises separadas dos conceitos emergentes, para os *clientes domésticos*, os *clientes industriais* e a *totalidade dos clientes*.

Entendemos que este trabalho constitui um aprofundamento da metodologia seguida e um passo na identificação do novo conceito de empresa e das características do produto e do serviço associado ao fornecimento de energia eléctrica.

Análise comparativa dos requisitos classificados como <u>mais importantes</u> para os clientes domésticos, clientes industriais e classificação conjunta.

Ao analisarmos os 10 requisitos classificados como mais importantes na classificação conjunta atribuída pela *totalidade dos clientes* (Tabela 5.14) e nas classificações atribuídas pelos *clientes domésticos* (Tabela 5.17) e pelos *clientes industriais* (Tabela 5.19), constatamos que muitos destes são comuns, alterando-se apenas as suas posições dentro dos 10 primeiros lugares das tabelas. Assim, os requisitos 10, 18, 19, 20, 16, 28, 36, 26 e 24 são classificados pelos dois segmentos como os mais importantes no produto e serviço associado ao fornecimento de energia eléctrica.

Por outro lado, quando analisamos os resultados da votação efectuada durante a realização do KJ (Tabela 5.10), constatamos que a característica votada em primeiro lugar pela equipa KJ foi a *Fiabilidade do produto e serviço* (evidenciada pelos requisitos 18,19 e 20, que constituem também os requisitos cuja importância relativa atribuída pela totalidade dos clientes é a mais elevada) e em terceiro lugar a *Obsessão pelo Cliente* (evidenciada pelos requisitos 21, 22, 23 e 24, que integram também alguns dos requisitos considerados mais importantes pelo total dos clientes). São portanto estas duas características extremamente importantes e fundamentais a integrar no novo produto/serviço.

É de referir que a outra característica também classificada em primeiro lugar pela equipa KJ *Diminuição do custo do serviço* (por empate da votação com *Fiabilidade do produto e serviço*) e evidenciada pelos requisitos 30, 31 e 32, não recebe dos clientes uma classificação (importância relativa!) tão expressiva como a que recebeu pela equipa KJ, isto de acordo com a informação das suas respostas ao questionário Kano. Este facto permite-nos então concluir que apesar de o *elemento custo* ser também muito importante para os clientes, *<u>ele é menos importante que</u> as outras dimensões do produto/serviço*. Os dois requisitos relacionados com os custos aparecem nas seguintes posições:

- **25ª** e **32ª** da classificação atribuída pelos clientes do sector doméstico,
- **19ª** e **28ª** da classificação atribuída pelos clientes do sector industrial,
- **24ª** e **31ª** da classificação global;

realçando portanto, e ainda, que:

- Apesar da menor importância relativa da *Diminuição do custo do serviço* relativamente à *Fiabilidade do produto e serviço* e à *Obsessão pelo Cliente*, para os clientes domésticos e industriais, a dimensão custo é mais importante para os clientes industriais.

5.6.1 Desenvolvimento de análises separadas para a emergência dos conceitos de produto e de serviço para os sectores doméstico e industrial

Novo conceito de produto/serviço para o sector doméstico

Com base na informação apresentada na Tabela 5.18, e tendo em conta a importância relativa atribuída a cada requisito, efectuou-se a sua estruturação em torno de áreas a que se deu a designação de ***domínios estratégicos***. Estes funcionam como um nível superior de abstracção que emerge da síntese de ideias resultante do agrupamento dos requisitos em torno de uma designação que melhor defina os seus pontos comuns. Apresenta-se o resultado desta operação na Tabela 5.21.

Ao analisarmos a informação desta tabela constatamos que, *para que o produto energia eléctrica e os serviços com ele relacionados possuam capacidade para satisfazer e/ou encantar os clientes do sector doméstico*, deverão integrar, por ordem decrescente de importância, os seguinte atributos:

1º - Melhorias nos índices de continuidade de serviço e qualidade da onda, ou seja aumentar a fiabilidade do produto e do serviço;

2º - Considerar a qualidade como um vector estratégico crucial para o sucesso da empresa;

3º - Adoptar e interiorizar uma cultura de empresa que tenha por base a *obsessão pelo cliente*, colocando-o no centro e na origem de todas as actividades que a empresa desenvolve;

4º - A empresa deve assumir as suas responsabilidades e ser mais transparente no relacionamento com o cliente;

5º - Deverá criar infra-estruturas para facultar apoio técnico ao cliente nos domínios da energia eléctrica;

6º - Deverá diminuir os custos do serviço;

7º - Por último este sector encara ainda como um factor de encantamento que a empresa distribuidora utilize as suas sinergias para vender outros serviços em parceria, desde que tal traga benefícios para os clientes.

Na estruturação da informação apresentada na Tabela 5.21, além dos requisitos classificados como obrigatórios, proporcionais e atraentes da Tabela 5.18, foram ainda analisados com muita atenção os requisitos classificados como indiferentes, no sentido de estudar a possibilidade de incluir ou não alguns destes. Na consulta do estudo detalhado, apresentado no **Anexo J**, verificou-se que os requisitos (10) e (11) receberam classificações com 50% dos inquiridos deste sector a classificá-los indiferentes e com os outros 50% as classificá-los como obrigatórios, proporcionais e atraentes. Por este facto e por estes requisitos se referirem a atributos que considerámos relevantes, eles foram também integrados. O requisito 11 *(Todo o*

colaborador contactado identifica-se e assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema) porém, após uma análise ainda mais cuidada, foi considerado uma micro-solução do requisito 12, já incluído, e por isso não consta da Tabela 5.21.

Uma descrição e análise detalhada sobre esta tabela pode consultar-se no **Anexo K.**

Tabela 5.21 - Produto/serviço para o **sector doméstico.**

1º Melhoria da continuidade do serviço e da qualidade da onda (maior fiabilidade do produto e serviço)

(19) É fundamental reduzir o numero de cortes e a sua duração.	8,63 - O
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	7,88 - O
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	8,25 - P
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	7,13 - P
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	6,38 - A

2º Considerar a qualidade como um vector estratégico crucial

(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes!	8,25 - O
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	7,13 - P

3º Cultura da empresa - Obsessão pelo cliente (dar grande importância ao rigor do interface com o cliente

(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	7,88 - O
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	7,50 - O
(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	6,38 - O
(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	8,25 - P
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	7,13 - P
(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	6,75 - P
(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	6,75 - P
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	5,35 - P
(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento. (rigor da informação)	7,88 - A
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	5,00 - A

4º Empresa mais responsável (maior transparência no relacionamento com o cliente)

(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	7,13 - O
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	7,50 - P
(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	7,50 - I
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	6,29 - P

5º Disponibilizar apoio técnico ao cliente (aconselhamento técnico)

(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	6,50 - P
(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos cliente no uso racional da energia eléctrica.	6,38 - P

6º Diminuir os custos (diminuição do custo do serviço)

(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	6,24 - P
(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	7,13 - A
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	5,00 - A

7º Diversificar a prestação de serviços os custos

(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.	4,50 - A

Novo conceito de produto/serviço para o sector industrial

Seguindo a mesma metodologia que foi utilizada para o sector doméstico, a partir da informação integrante da Tabela 5.20, efectuou-se a sua estruturação em torno de ***domínios estratégicos***, sendo esta apresentada na Tabela 5.22.

Ao analisarmos a informação desta tabela constatamos que, para que o produto energia eléctrica e os serviços com ele relacionados possuam capacidade para satisfazer e/ou encantar os *clientes do sector industrial*, deverão integrar, por ordem decrescente de importância, os seguinte atributos:

1º - A empresa deve introduzir melhorias na continuidade de serviço e qualidade da onda, ou seja, deve aumentar a fiabilidade do produto e do serviço;

Com igual importância do item anterior:

1º - A empresa deve assumir as suas responsabilidades e ser mais transparente no relacionamento com o cliente;

3º - Em termos de cultura da empresa, esta deve adoptar e interiorizar uma filosofia de *obsessão pelo cliente*, colocando-o no centro e na origem de todas as actividades que a empresa desenvolve;

4º - Deverá considerar a qualidade como um vector estratégico crucial para o seu sucesso;

5º - Deverá criar infra-estruturas para facultar apoio técnico ao cliente nos domínios da energia eléctrica;

6º - Deverá diminuir os custos do serviço;

7º - Deverá segmentar o mercado em função das diferentes exigências de qualidade dos clientes e disponibilizar atendimento diferenciado para os sectores cuja criticidade é mais elevada.

Uma descrição e análise detalhada desta informação pode consultar-se no **Anexo L**.

Tabela 5.22 - Produto/serviço para o sector industrial

1º Melhoria da continuidade do serviço e da qualidade da onda (maior fiabilidade do produto e serviço)

(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	8,67 - O
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	8,33 - O
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	6,00 - O
(19) É fundamental reduzir o numero de cortes e a sua duração.	8,67 - P
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	8,33 - P
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	7,33 - P
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	5,53 - P

1º Empresa mais responsável (maior transparência no relacionamento com o cliente)

(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	8,67 - O
(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	6,67 - O
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	6,33 - O
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	7,33 - P

3º Cultura da empresa - Obsessão pelo cliente (dar grande importância ao rigor do interface com o cliente)

(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	6,33 - O
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	6,11 - O
(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	7,33 - P
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	7,00 - P
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	6,00 - P
(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	7,67 - A
(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	6,67 - A
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	6,11 - A
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	6,11 - A
(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	5,67 - A

4º Considerar a qualidade como um vector estratégico crucial

(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes!	7,67 - O
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	7,33 - O

5º Disponibilizar apoio técnico ao cliente (aconselhamento técnico)

(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos clientes no uso racional da energia eléctrica.	7,33 - P

6º Diminuir os custos (diminuição do custo do serviço)

(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	6,67 - P
(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	6,67 - P
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	6,00 - A

7º Segmentar o mercado

(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	6,44 - P
(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	5,65 - P

Novo conceito de produto/serviço considerando a informação agregada da totalidade dos clientes

Utilizando a metodologia de trabalho já aplicada para os sectores doméstico e industrial, descrita nas páginas anteriores, efectuou-se um estudo semelhante com a informação conjunta para a totalidade dos clientes, constante da Tabela 5.15 e que é apresentada na Tabela 5.23.

Pela observação desta tabela constatamos que para que o produto energia eléctrica e os serviços com ele relacionados possuam capacidade para satisfazer e/ou exceder as expectativas da *totalidade dos clientes*, deverão integrar, por ordem decrescente de importância, os seguinte atributos:

1º - Melhorias nos índices de continuidade de serviço e qualidade da onda, ou seja aumentar a fiabilidade do produto e do serviço;

2º - A empresa deve assumir as suas responsabilidades e ser mais transparente no relacionamento com o cliente;

3º - Deve considerar a qualidade como um vector estratégico crucial para o seu sucesso;

4º - Deve adoptar e interiorizar uma cultura que tenha por base a *obsessão pelo cliente*, colocando-o no centro e na origem de todas as actividades que a empresa desenvolve;

5º - Deverá criar infra-estruturas para facultar apoio técnico ao cliente nos domínios da energia eléctrica;

6º - Deverá diminuir os custos totais do produto/serviço;

7º - Deverá segmentar o mercado em função das diferentes exigências de qualidade dos clientes e disponibilizar atendimento diferenciado para os sectores cuja criticidade é mais elevada;

8º - A totalidade dos clientes encara como um factor de encantamento que a empresa distribuidora utilize as suas sinergias para vender outros serviços em parceria, desde que tal lhe traga benefícios!

Uma descrição e análise detalhada desta informação pode consultar-se no **Anexo M**.

Tabela 5.23 - Produto/serviço para a totalidade dos clientes.

1º Melhoria da continuidade do serviço e da qualidade da onda (maior fiabilidade do produto e serviço)

(19) É fundamental reduzir o número de cortes e a sua duração.	8,65 - O
(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	8,29 - O
(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	8,47 - P
(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	7,76 - P
(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	5,53 - A

2º Empresa mais responsável (maior transparência no relacionamento com o cliente)

(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	8,12 - O
(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	6,88 - O
(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	6,88 - P
(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	6,29 - P

3º Considerar a qualidade como um vector estratégico crucial

(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes!	7,94 - O
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	6,88 - O
(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.	7,24 - P
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.	6,41 - P

4º Cultura da empresa - Obsessão pelo cliente (dar grande importância ao rigor do interface com o cliente

(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	7,24 - O
(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.	6,00 - O
(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	5,35 - O
(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	7,76 - P
(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	7,06 - P
(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	6,71 - P
(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	6,53 - P
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.	5,24 - P
(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento. (rigor da informação)	7,76 - A
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	6,76 - A
(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	5,59 - A

5º Disponibilizar apoio técnico ao cliente (aconselhamento técnico)

(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos cliente no uso racional da energia eléctrica.	6,88 - P
(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	6,76 - P

6º Diminuir os custos (diminuição do custo do serviço)

(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	6,88 - P
(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	6,24 - P
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	5,53 - A

7º Segmentar o mercado

(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	6,41 - P
(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	5,65 - P

8º Diversificar a prestação de serviços

(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.	3,71 - A

Concentração nos requisitos com capacidade para exceder as expectativas *(causar encantamento)* na totalidade dos clientes

Em termos de síntese, apresentam-se abaixo os requisitos identificados que possuem capacidade para exceder as expectativas *(ou causar encantamento)* na totalidade dos clientes.

(28)	Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento (*rigor da informação).*	7,76 - A
(25)	Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	6,76 - A
(27)	Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	5,59 - A
(31)	Custo da potência contratada ser muito inferior.	5,53 - A
(7)	Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.	5,53 - A
(4)	Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviços em parceria.	3,71 - A

Estes situam-se nos seguintes domínios:

Para a totalidade dos clientes

- Informar mais e melhor (rigor na informação),
- Dar muito maior atenção ao cliente,
- Efectuar vistas, descer ao terreno e ouvir mais,
- Diminuir custos da potência contratada,
- Fornecer mais qualidade para o sector urbano e rural,
- Utilizar sinergias da empresa para oferecer outras vantagens integradas.

Por comparação com os domínios que causam encantamento para os clientes dos sectores doméstico e industrial, em separado:

Para o sector doméstico

- Informar mais e melhor,
- Ouvir mais,
- Fornecer mais qualidade,
- Diminuir custos,
- Utilizar sinergias da empresa para oferecer outras vantagens integradas.

Para o sector industrial

- Informar mais e melhor,
- Ouvir mais,
- Dar muito maior atenção ao cliente,
- Efectuar visitas às instalações e dialogar com o cliente,
- Dar explicações esclarecedoras,
- Diminuir custos fixos.

Evidencia-se a existência de uma grande sobreposição de *requisitos*, *necessidades* e *interesses*.

5.6.2 Análise comparativa entre os conceitos emergentes das 3 análises

Nas tabelas seguintes apresentam-se, por ordem decrescente da sua importância relativa, os domínios estratégicos emergentes das 3 análises separadas.

Tabela 5.24 - Domínios estratégicos para o ***sector doméstico.***

1º	Melhoria da continuidade do serviço e da qualidade da onda
2º	Considerar a qualidade como um vector estratégico crucial
3º	Cultura da empresa - Obsessão pelo cliente
4º	Empresa mais responsável
5º	Disponibilizar apoio técnico ao cliente
6º	Diminuir os custos
7º	Diversificar a prestação de serviços

Tabela 5.25 - Domínios estratégicos para o ***sector industrial***.

1º	Melhoria da continuidade do serviço e da qualidade da onda
1º	Empresa mais responsável
3º	Cultura da empresa - Obsessão pelo cliente
4º	Considerar a qualidade como um vector estratégico crucial
5º	Disponibilizar apoio técnico ao cliente
6º	Diminuir os custos
7º	Segmentar o mercado

Tabela 5.26 - Domínios estratégicos para a *totalidade dos clientes.*

1º	Melhoria da continuidade do serviço e da qualidade da onda
2º	Empresa mais responsável
3º	Considerar a qualidade como um vector estratégico crucial
4º	Cultura da empresa - Obsessão pelo cliente
5º	Disponibilizar apoio técnico ao cliente
6º	Diminuir os custos
7º	Segmentar o mercado
8º	Diversificar a prestação de serviços

Tendo em consideração:

- A análise conjunta das Tabelas 5.24 e 5.25, onde apesar de algumas diferenças em termos de posicionamento no "ranking" de alguns dos *domínios estratégicos* para os clientes do sector doméstico e sector industrial, se verifica uma grande semelhança de necessidades;
- A percepção e imagem que foi sendo recolhida com o desenvolvimento do trabalho de campo, as visitas às instalações, o diálogo como os clientes e a captura das suas vozes a respeito do produto e serviço em estudo;
- A informação emergente com a aplicação do método KJ aos requisitos;
- Os resultados emergentes do processamento dos questionários Kano;

podemos considerar que, para efeitos da definição do novo conceito de empresa e das características do produto e do serviço, constitui uma boa aproximação considerar ***apenas a informação agregada da totalidade dos clientes***, sintetizada na Tabela 5.26 e descrita com detalhe no **Anexo M**.

5.6.3 Emergência do novo conceito de empresa

Como primeiro passo para a identificação do *novo conceito de empresa* e definição das *características do produto e do serviço* a implementar com base em toda a informação adquirida a partir das vozes dos clientes, e entretanto já processada, decidiu-se utilizar a ferramenta de trabalho em grupo *"Brainstorming"*, como forma de potenciar a geração de novas ideias e conceitos.

Para implementar este objectivo convocou-se uma equipa multidisciplinar, constituída por 8 elementos, seleccionados com base no seus níveis de conhecimentos do sector eléctrico, tanto nos domínios das exigências pessoais, como no científico e técnico. Esta opção teve ainda por objectivo permitir a possível integração de novas e diferentes visões dos problemas em análise, a partir de um conjunto de pessoas com uma elevada sensibilidade para os mesmos.

De modo a maximizar a produtividade da sessão, foi antecipadamente preparado e distribuído algum material de apoio destinado a sensibilizar todos os participantes para os temas em discussão e a definir com clareza os objectivos que se pretendiam atingir (**Anexo N**).

1º Objectivo: Emergência do novo conceito de empresa

Depois de tudo o que foi já referido, podemos afirmar que o novo conceito de empresa terá obrigatoriamente de integrar as funcionalidades identificadas nas secções anteriores e sucintamente resumidas na Tabela 5.26.

Sendo assim, e para aproveitar o potencial de geração de conceitos proporcionado pelo uso do *"Brainstorming"*, foi facultada aos participantes apenas a informação referente aos requisitos provenientes da *análise agregada da informação de todos os clientes* (Tabela 5.15). Solicitou-se a cada elemento que, após algum tempo para interpretação e reflexão sobre a informação facultada, bem como tendo em conta as suas experiências pessoais, definisse de uma forma sucinta e o mais abrangente possível – através de dois "slogans" – o conceito de empresa que acharia mais adequado para integrar ou albergar a implementação dos requisitos e funcionalidades em análise.

A informação captada com esta primeira etapa do trabalho é apresentada na Tabela 5.27.

Tabela 5.27 - Conceitos de empresa captados com a sessão de *"Brainstorming"*.

1.	Juntos na Qualidade
2.	Fiabilidade e honestidade no fornecimento de qualidade
3.	Temos transparência comercial e eficiência técnica
4.	A sua oferta de energia e eficiência
5.	Empresa aberta. Estamos consigo, exponha-nos o seu problema
6.	Seja exigente e exija o melhor
7.	A sua energia feita à sua medida - assenta bem, não causa incómodo nem preocupações
8.	Comunicação, proficiência e satisfação
9.	Procuramos aquilo que você procura
10	Temos um compromisso, reflectir os seus desejos de qualidade
11.	A qualidade é a nossa missão com o cliente no coração
12.	O seu casamento com o futuro!
13.	A energia como você quer
14.	Prioridade máxima às satisfação das expectativas do cliente
15.	Empresa amiga, dialogante e disponível 24 horas/dia
16.	Empresa obcecada pela qualidade e pelo cliente

Utilizando a informação gerada por esta sessão, juntamente com a encontrada nas etapas anteriores de processamento da vozes dos clientes, foi então decidido aplicar a metodologia de Pugh [Pugh, 1996], para encontrar o conceito dominante ou o melhor conceito de empresa.

Aplicação da Metodologia de Pugh

Como foi referido no Capítulo 4, a aplicação da metodologia de Pugh baseia-se num processo iterativo, através do qual, a partir de um conjunto inicial de conceitos (o mais alargado possível) do novo produto e serviço, se vai convergindo para novos conceitos que integrem o melhor de cada um dos anteriores e se revelem mais abrangentes e superiores a todos os outros em estudo.

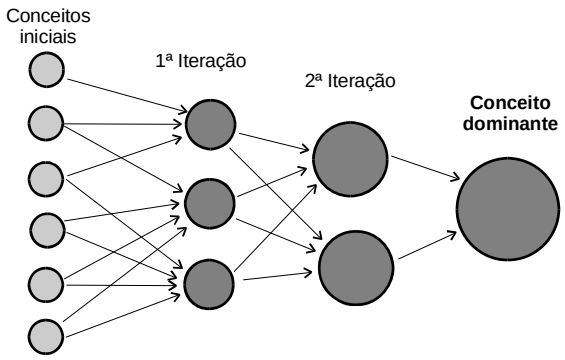


Fig. 5.5 - Metodologia de Pugh.

A geração do primeiro conjunto de conceitos foi muito trabalhosa, sobretudo porque havia a noção de que todo o trabalho posterior dependeria em parte das potencialidades destes. Para a sua definição seguiram-se as seguintes orientações:

1ª - Qualquer conceito deveria integrar o maior número possível dos requisitos classificados como mais importantes na ordenação final, pelo menos até à décima posição da Tabela 5.14;

2ª - Deveriam ser integrados todos os requisitos classificados como *Obrigatórios* e o maior número possível de requisitos classificados como *Proporcionais* na classificação atribuída pela totalidade dos clientes (Tabela 5.15);

3ª - Deveriam ter-se em linha de conta as características do produto e serviço evidenciadas como sendo as mais importantes na votação efectuada pela equipa de realização do KJ (veja-se a Tabela 5.10 ou o Diagrama KJ na Figura 5.1 e **Anexo H**);

4ª - Deveria na medida do possível ser considerada a inclusão de alguns requisitos *Atraentes*.

A Tabela 5.28 da página seguinte sintetiza o resultado desta etapa do trabalho.

Tabela 5.28 - Conjunto inicial de conceitos de empresa associados ao fornecimento de energia eléctrica.

Obcecada pela qualidade do serviço

Conceito centrado na melhoria dos índices da continuidade do serviço e da qualidade da onda, assente sobretudo na modernização das linhas de T&D e no aumento da sua robustez aos fenómenos naturais adversos, e na necessidade de: tomar uma postura sistemática e incondicional de pré-avisar, de forma eficiente, de todo o tipo de perturbações que possam ocorrer, incluindo, os cortes programados e mesmo os devidos a fenómenos naturais que se preveja possam vir a ocorrer.

Mais responsável e transparente

Conceito centrado na necessidade da empresa dar mais garantias por escrito ao cliente, especificando os níveis de qualidade de serviço que é suposto fornecer, bem como os direitos e deveres de ambas as partes. Assumindo sem rodeios os prejuízos decorrentes do não cumprimento dos níveis de qualidade acordados contratualmente.

Obcecada pelo cliente

Conceito centrado na premissa de que os clientes constituem a única razão de existência da empresa e que todas as acções e decisões desencadeadas por todos os colaboradores têm como único objectivo agradar-lhes. Deve ser dada uma grande relevância e importância ao interface da empresa com os clientes e estes devem ser sempre tratados com cortesia, competência e profissionalismo. A empresa deve ainda aproximar-se do cliente, descendo ao terreno, efectuando visitas, auscultando e dando a conhecer as políticas de melhoria em curso, bem como tudo o que tiver impacto sobre a "vida" dos clientes no respeitante à utilização do produto/serviço energia eléctrica. Devem ser implementados mecanismos eficientes de auscultação das mais profundas necessidades e aspirações dos clientes, de modo a poder antecipar a oferta de respostas às suas necessidades.

Prevencionista e melhor gestora de recursos

Conceito centrado numa filosofia de actuação preventiva e atempada para que por um lado sejam minimizados todos os impactos sobre os clientes e por outro que todos os recursos humanos e materiais sejam geridos da melhor forma possível, de modo a permitir aumentos de produtividade que possibilitem a redução do custo do produto/serviço. A empresa utiliza a informação captada dos clientes nos processos internos de melhoria contínua.

Assenta bem, não causa incómodo nem preocupações

Centrado no conceito da energia feita por medida e de empresa que procura a personalização da sua relação com o cliente. A energia e o serviço devem estar o mais possível adaptados às necessidades reais de cada cliente. Pressupõe uma lógica de segmentação e de definição de um produto/serviço adequado a cada tipo de cliente consoante a manifestação das suas exigências de qualidade. Deve ainda pautar-se por uma quantificação dos impactos dos cortes decorrentes da falta de qualidade em cada segmento e por políticas de actuação que minimizem os custos globais em situações de emergência e de impossibilidade de cumprimento dos índices de qualidade esperados.

Diferenciação e valor acrescentado

Conceito centrado na ideia de empresa atenta às novas oportunidades de negócio que possam apresentar vantagens para os clientes. Em face das situações observadas no terreno, a empresa toma a iniciativa de propor as melhores tecnologias e soluções para auxílio do cliente e para uma utilização mais produtiva da energia eléctrica, quando a qualidade que seja possível disponibilizar seja insuficiente ou inadequada às necessidades do cliente.

Em seguida, de entre os conceitos que constam do quadro anterior, foi necessário escolher aquele que se nos afigurava como mais abrangente e interessante, relativamente ao qual os outros seriam avaliados. Assim, o conceito escolhido como conceito de referência foi : *"Assenta bem, não causa incómodo nem preocupações"*.

Depois de inscritos todos os outros conceitos e requisitos de comparação na matriz, esta foi preenchida, critério a critério, inscrevendo-se em cada célula um sinal **+**, **-** ou **S**, *consoante o conceito em avaliação fosse considerado superior, inferior ou semelhante ao conceito de referência, no requisito em análise*.

Tabela 5.29 - Matriz de Pugh (primeira iteração).

	Obcecada pela qualidade do serviço	Mais responsável e transparente	Obcecada pelo cliente	Prevencionista e melhor gestora de recursos	Diferenciação e valor acrescentado	**Assenta bem, não causa incómodo nem preocupações**
(19) Reduzir o número de cortes e a sua duração.	**+**	**S**	**S**	**S**	**S**	
(20) Programar e pré-avisar, de forma eficiente, dos cortes que vão ocorrer.	**+**	**S**	**S**	**+**	**-**	**R**
(10) Assumir a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	**S**	**+**	**S**	**S**	**-**	**E**
(16) Potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	**S**	**S**	**-**	**S**	**-**	**F**
(26) O interface com o cliente possui formação adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	**-**	**S**	**S**	**S**	**-**	**E**
(28) Disponibilizar informação correcta e atempada sobre a situação do momento.	**+**	**S**	**S**	**S**	**-**	**R**
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	**S**	**S**	**S**	**+**	**-**	**Ê**
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento com os clientes.	**-**	**-**	**+**	**S**	**-**	**N**
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	**S**	**S**	**S**	**+**	**-**	**C**
(17) Monitorizar e registar tudo o que esteja relacionado com a qualidade do produto e serviço que prestam.	**S**	**+**	**S**	**+**	**S**	**I**
(1) Efectuar auditorias e consultoria para apoio aos clientes no uso mais eficiente da energia.	**-**	**S**	**S**	**+**	**+**	**A**
(2) Ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar os consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	**-**	**S**	**+**	**S**	**+**	
(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	**+**	**S**	**S**	**-**	**-**	
TOTAIS						
+	4	2	2	5	2	
-	4	1	1	1	9	
S	5	10	10	7	2	

A partir da análise da Tabela 5.29 podemos constatar que o conceito escolhido como referência não é "arrasador" em termos de análise comparativa face aos restantes conceitos. Assim, a partir desta fase tratou-se essencialmente de construir conceitos híbridos que integrassem os múltiplos aspectos positivos das diferentes alternativas. Podemos ainda adiantar que esta primeira iteração não permite concluir que qualquer conceito possa ser ignorado, pois mesmo o menos valorizado *(Diferenciação e valor acrescentado)* reúne ainda superioridade e semelhança em 4 dos 13 requisitos em análise relativamente ao conceito de referência.

Com base nesta análise foi elaborado um segundo conjunto de (3) conceitos híbridos que se apresentam na Tabela 5.30, tendo sido escolhido um novo conceito de referência, e aplicada novamente a matriz de Pugh (ver Tabela 5.31).

Tabela 5.30 - Conjunto de conceitos híbridos de empresa associados ao fornecimento de energia eléctrica.

Excelência no serviço
Conceito centrado em: • melhoria dos índices da continuidade do serviço e da qualidade da onda, assente sobretudo na modernização das linhas de T&D, no aumento da sua robustez aos fenómenos naturais adversos, numa postura sistemática e incondicional de pré-avisar, de forma eficiente, todo o tipo de perturbações que possam ocorrer, incluindo os cortes programados, e mesmo os devidos a fenómenos naturais que se preveja possam vir a ocorrer; • adoptar uma filosofia de actuação preventiva e atempada para que, por um lado sejam minimizados todos os impactos sobre os clientes e por outro que todos os recursos humanos e materiais sejam geridos da melhor forma possível, de modo a permitir aumentos de produtividade que conduzam à redução do custo do produto/serviço ao cliente. A empresa utiliza a informação captada dos clientes nos processos internos de melhoria contínua.
Obcecada pelo cliente
Conceito centrado na: • premissa de que os clientes constituem a única razão de existência da empresa e que todas as acções e decisões desencadeadas por todos os colaboradores têm como único objectivo agradar-lhes. Deve ser dada uma grande relevância e importância ao *interface* da empresa com os clientes e estes devem ser sempre tratados com cortesia, competência e profissionalismo, • A empresa deve ainda aproximação do cliente, descendo ao terreno, efectuando visitas, auscultando e dando a conhecer as políticas de melhoria em curso, bem como tudo o que tiver impacto sobre a "vida" dos clientes no respeitante à utilização do produto/serviço energia eléctrica; • implementação de mecanismos eficientes de auscultação das mais profundas necessidades e aspirações dos clientes, de modo a poder antecipar a oferta de respostas às suas reais necessidades; • empresa amiga, dialogante e disponível 24 horas/dia.
À minha medida, proporciona comodidade sem preocupações
Conceito centrado em: • energia feita por medida por empresa que procura a personalização da sua relação com o cliente. A energia e o serviço devem estar o mais possível adaptados às necessidades reais do cliente. Pressupõe uma lógica de segmentação e de definição de um produto/serviço adequado a cada tipo de cliente, consoante a manifestação das suas exigências de qualidade. Deve ainda pautar-se por uma quantificação dos impactos dos cortes decorrentes da falta de qualidade em cada segmento e de políticas de actuação que minimizem os custos globais em situações de emergência e de impossibilidade de cumprimento dos índices de qualidade esperados; • dar mais garantias por escrito ao cliente, especificando os níveis de qualidade de serviço que é suposto fornecer, bem como os direitos e deveres de ambas as partes; assumir sem rodeios os custos decorrentes do não cumprimento dos níveis de qualidade acordados contratualmente; • empresa atenta às novas oportunidades de negócio que possam apresentar vantagens para os clientes. Em face das situações observadas no terreno, a empresa toma a iniciativa de aconselhar ou propor as melhores tecnologias e soluções para auxílio do cliente e para uma melhor utilização e produtividade da energia eléctrica em situações e locais onde a qualidade possível seja insuficiente ou inadequada às necessidades do cliente.

Tabela 5.31 - Matriz de Pugh (segunda iteração)

	Excelência no serviço	Obcecada pelo cliente	**À minha medida, proporciona comodidade sem preocupações**
(19) Reduzir o número de cortes e a sua duração.	**S**	**-**	
(20) Programar e pré-avisar, de forma eficiente, dos cortes que vão ocorrer.	**+**	**+**	**R**
(10) Assumir a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	**S**	**-**	**E**
(16) Potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	**S**	**-**	**F**
(26) O interface com o cliente possui formação adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	**S**	**-**	**E**
(28) Disponibilizar informação correcta e atempada sobre a situação do momento.	**S**	**S**	**R**
(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.	**+**	**S**	**Ê**
(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento com os clientes.	**-**	**-**	**N**
(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	**+**	**-**	**C**
(17) Monitorizar e registar tudo o que esteja relacionado com a qualidade do produto e serviço que prestam.	**S**	**-**	**I**
(1) Efectuar auditorias e consultoria para apoio aos clientes no uso mais eficiente da energia.	**-**	**-**	**A**
(2) Ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar os consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	**-**	**-**	
(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	**S**	**-**	
TOTAIS			
+	3	1	
-	3	10	
S	7	2	

O conceito de referência agora escolhido é superior em 10 requisitos, inferior em 1 e semelhante em 2 relativamente ao conceito de *"Obcecada pelo cliente"*. Já no que se refere ao conceito de *"Excelência no serviço"* é superior em 3 requisitos, inferior em 3 e semelhante em 7. Podemos então concluir que *o conceito dominante deverá integrar ainda as características e pontos fortes dos três conceitos em análise*, conduzindo à aposta num novo conceito híbrido: **"Utilidade efectiva sem preocupações"**(Tabela 5.32).

Tabela 5.32 - Conceito dominante de empresa associado ao fornecimento de energia eléctrica.

Utilidade efectiva sem preocupações *(fornecimento de valor)* Conceito centrado na melhoria dos índices da continuidade do serviço e da qualidade da onda, assente sobretudo na modernização das linhas de T&D e no aumento da sua robustez aos fenómenos naturais adversos, e na necessidade de tomar uma postura sistemática e incondicional de pré-avisar, de forma eficiente, de todo o tipo de perturbações que possam ocorrer, incluindo os cortes programados e mesmo os devidos a fenómenos naturais que se preveja possam vir a ocorrer. Adoptar uma filosofia de actuação preventiva e atempada para que por um lado sejam minimizados todos os impactos sobre os clientes e, por outro, todos os recursos humanos e materiais sejam geridos da melhor forma possível, de modo a permitir aumentos de produtividade que possibilitem a redução do custo do produto/serviço ao cliente. A empresa utiliza a informação dos clientes nos seus processos internos de melhoria contínua. Centrado em simultâneo na obsessão pelos clientes: estes constituem a única razão de existência da empresa e todas as acções desenvolvidas pelos colaboradores devem ter como objectivo agradar-lhes. Deve ainda ser dada uma grande importância ao *interface* com os clientes e estes serem sempre tratados com cortesia, competência e profissionalismo. A empresa deve ainda aproximar-se dos clientes, descendo ao terreno, efectuando visitas, auscultando e dando a conhecer as políticas de melhoria em curso, bem como tudo o que tiver impacto sobre as suas "vidas" no respeitante à utilização do produto/serviço energia eléctrica. Devem ser implementados mecanismos eficientes de auscultação das mais profundas necessidades e aspirações dos clientes, de modo a poder antecipar a oferta de respostas às suas reais necessidades. Empresa amiga, dialogante e disponível 24 horas/dia. Centrado também no conceito da energia feita por medida e de empresa que procura a personalização da sua relação com o cliente. A energia e o serviço devem estar adaptados às necessidades reais do cliente. Esta medida pressupõe uma lógica de segmentação e de definição de um produto/serviço adequado a cada tipo de cliente, consoante a manifestação das suas exigências de qualidade. Deve ainda pautar-se por uma quantificação dos impactos das interrupções em cada segmento e de políticas de actuação que minimizem os custos globais perante situações de emergência e de impossibilidade de cumprimento dos índices de qualidade esperados. Há ainda a necessidade de a empresa dar mais garantias por escrito ao cliente, especificando os níveis de qualidade de serviço que é suposto fornecer, bem como os direitos e deveres de ambas as partes, assumindo sem rodeios os custos decorrentes do não cumprimento dos níveis de qualidade acordados contratualmente. A empresa deve estar atenta às novas oportunidades de negócio que possam apresentar vantagens para os clientes. Em face das situações observadas no terreno, a empresa toma a iniciativa de aconselhar ou propor as melhores tecnologias e soluções para auxílio do cliente e para uma melhor utilização e produtividade da energia eléctrica.

O conceito dominante de produto e serviço associado ao fornecimento de energia eléctrica aponta para a necessidade de uma grande melhoria na qualidade do serviço prestado. O cliente actual não compra um produto ou um serviço, mas sim paga para fruir um bem sem preocupações. É fundamental que o produto/serviço recebidos possuam capacidade de geração de alto valor acrescentado para cada actividade (máxima relação benefício/custo) e que causem elevada satisfação, se possível que se excedam as expectativas do cliente.

Para atingir esses níveis de qualidade, devem ser implementadas as recomendações emergentes deste trabalho apresentadas nas conclusões deste capítulo.

2º Objectivo: Definição das características do produto e do serviço

Tendo por base os requisitos enunciados na Tabela 5.15 (de onde foram removidos os classificados como *indiferentes*), facultada aos elementos participantes na sessão de *"Brainstorming"*, deu-se início à fase de geração (e de definição) das características do novo produto e serviço com capacidade para satisfazer e/ou exceder as expectativas dos clientes. Utilizou-se ainda como suporte de referência para esta etapa, a informação divulgada no livro *"Delivering Quality Service - Balancing Customer Perceptions and Expectations"*, de Zeithanml ([Zeithanml, 1990], página 20).

Logo na fase inicial deste processo, alguns elementos da equipa adiantaram com a proposta de que, segundo eles, todas as características deveriam estar estruturadas em torno de 3 grandes domínios:

1. Qualidade da onda,
2. Continuidade do serviço e
3. Qualidade comercial.

Pelo facto de este agrupamento parecer lógico a todos os participantes, ter sido já utilizado pelo autor em etapas anteriores da realização deste trabalho (**Anexo G**) e ser suficientemente genérico para integrar todas as características que se esperava virem a surgir, foi aceite e adoptado.

O passo seguinte foi o de ir encontrando agrupamentos dentro da estrutura já definida, que correspondessem a um nível de concretização mais baixo, sendo no entanto ainda bastante genéricos.

Numa terceira fase iniciou-se então a geração das características a implementar ou medidas a concretizar no sistema responsável pelo fornecimento do produto e do serviço, para que estes pudessem satisfazer os requisitos dos clientes, enunciados na informação integrante da Tabela 5.15, que constituía aqui o documento de referência.

Para cada requisito foram analisados os vários campos onde se poderia "actuar" para contribuir na implementação dos mesmo.

Após uma longa e participada sessão de trabalho, com avanços, recuos e muitas correcções ao já definido, chegou-se ao fim da elaboração de uma primeira lista de características. A fase seguinte consistiu numa análise exaustiva de todas as características geradas, tendo nesta operação sido supridas algumas, por estarem repetidas em vários domínios, e tendo outras sido movidas de um domínio para outro. No decurso desta fase, foi ainda consultada pelo autor a lista onde haviam sido guardadas todas as opiniões e micro-soluções adiantadas pelos clientes aquando da *etapa de recolha das vozes*. Com esta pesquisa foram consideradas e integradas algumas novas características, com as necessárias adaptações sintácticas, nos domínios onde tais pareciam ser adequadas.

O resultado final desta operação é apresentado nas Tabelas 5.33-A, 5.33-B e 5.33-C.

Tabela 5.33-A - Agrupamento das características do produto e serviço.

1º Nível	2º Nível	3º Nível
Qualidade da onda	Modernizar o sistema de transporte e de distribuição	- Reforçar linhas sobrecarregadas. - Modernizar os descarregadores de sobretensões (Zn O). - Instalar mais sistemas pára-raios. - Diminuir comprimento das linhas de BT. - Actualizar a potência dos PT. - Instalar sistemas automáticos de regulação de tensão.
	Regular o impacto dos produtores independentes	- Regulamentar políticas e regras de ligação com base em critérios de qualidade. - Adaptar infra-estruturas à produção independente.
	Regular o impacto das perturbações harmónicas	- Adoptar urgentemente um RQS com os deveres e direitos de fornecedores e clientes bem explícitos. - Adaptar com urgência o RSIUEE às novas realidades do sector.
	Monitorizar e registar a qualidade do produto nos P.C.C.´s	- Monitorar e registar todos os parâmetros da qualidade fornecida. - Classificar e catalogar clientes poluidores.
	Incentivar ao uso de tecnologias preventivas e modernas.	- Generalizar o uso de supressores de sobretensões (Zn O) ao nível do cliente individual. - Utilizar sistemas modernos com a função dupla de filtragem harmónica e correcção do factor de potência. - Utilizar novas classes de transformadores com auto-cancelamento de algumas harmónicas. - Promover o uso de tecnologias com menor impacto sobre a qualidade da energia.

Tabela 5.33-B - Agrupamento das características do produto e serviço (continuação).

1º Nível	2º Nível	3º Nível
Continuidade do serviço	Praticar manutenção preditiva	- Criar base de informação sobre cada componente. - Monitorar com rigor o tempo de vida previsível dos equipamentos. - Substituir equipamentos obsoletos. - Manutenção mas cuidada dos equipamentos antigos. - Programar devidamente as interrupções. - Efectuar inspecção termográfica dos equipamentos e linhas.
	Reforçar fiabilidade do sistema de distribuição	- Aumentar a fiabilidade através de uma maior redundância. - Enterrar linhas de transporte e distribuição. - Estudar continuamente os pontos críticos. - Fazer *"benchmarking"* de situações nos pontos (e equipamentos) críticos para outros semelhantes.
	Adoptar novas tecnologias na distribuição	- Torçadas MT semi-isoladas. - Utilizar dispositivos de abertura e rearme automático mais rápidos. - Instalar tecnologias para suprir micro-cortes onde estes sejam altamente críticos. - Propor que as cargas críticas sejam dotadas de unidades de alimentação ininterrupta.
	Maior exigência na selecção de equipamentos	- Melhor coeficiente MTBF (menor taxa de avarias). - Menores tempos de reparação e recolocação em serviço.
	Manutenção das linhas e equipamentos	- Melhor manutenção e limpeza dos isoladores. - Melhor manutenção da envolvente. - Maiores barreiras de acessos a todo o equipamento de T & D. - Colocar suportes de nidificação das cegonhas ao lado dos postes de AT. - Efectuar mais trabalhos em tensão.
	Explorar melhor as potencialidades do SGI	- Informação do terreno chega rapidamente ao serviço de planeamento. - SGI divulga em tempo real a situação do momento. - Gerar índices de serviço, comparar com anteriores e fazer análises de tendências.
	Segmentar mercado	- Classificar clientes e actuar em cada segmento em função dos custos da não qualidade fornecida. - Elaborar plano de actuação de emergência com base na criticidade do cliente. - Propor soluções de geração distribuída junto de processos altamente críticos.
	Disseminar conhecimento sobre novas tecnologias	- Sensibilizar eficientemente os clientes sobre os seus deveres e responsabilidades. - Propor transferência de tecnologias clássicas para tecnologias "Ride Through".

Tabela 5.33-C - Agrupamento das características do produto e serviço (continuação).

1º Nível	2º Nível	3º Nível
Qualidade Comercial	Recursos Humanos	- Definir e interiorizar um **manual de ética** da empresa para com o cliente. - Interiorizar o conceito de *cliente interno* e criar mecanismos para estimular a índices de desempenho mais elevados.
	Maior responsabilização e transparência	- Garantir *por escrito* a fiabilidade do produto/serviço. - Permitir acesso do cliente aos seus registos. - Com base nos registos, assumir responsabilidades sem rodeios.
	Mecanismos de audição	- Disponibilizar linhas de acesso gratuito 800... em quantidade suficiente. - E-Mail sempre disponível e com resposta muito rápida. - Relacionamento directo e eficiente com o cliente. - Tomar periodicamente a iniciativa de inquirir e visitar os clientes.
	Mecanismos de divulgação	- Fechar com rapidez o ciclo da informação interna do terreno ao planeamento. - Quem atende sabe ou tem acesso rápido à informação que o cliente quer saber. - Divulgar eficientemente as interrupções programadas. - Utilizar as potencialidades da Internet para disponibilizar informação e manter informados os clientes sobre tudo o que estes possam querer saber. - Implementar *Web-site* apelativo e eficiente, orientado por regiões e para segmentos. - Explorar melhor os media normais. - Envio de mensagens automáticas para listas de clientes especiais via Internet, BIP, WAP ou GSM.
	Organização Interna (Melhoria contínua da qualidade do serviço)	- Interface com o cliente é efectuado por pessoas com formação técnica e humana adequadas. - Instituir como norma mecanismos de medição da qualidade de desempenho dos colaboradores. - Processar as informações recolhidas com rapidez e divulgar índices de desempenho regularmente. - Responsabilizar de forma consequente os colaboradores pelo seu desempenho e contacto directo com o cliente. - Gerar índices de desempenho individual e colectivo, comparar com anteriores e fazer análises de tendências. - Instituir sistema de gratificações para os desempenhos exemplares. - Exteriorizar o esforço interno para a melhoria dos índices da qualidade de serviço global. - Estabelecer metas de liberalização internas, criando sub-sectores com gestão independente e por objectivos.
	Inovação na oferta de serviços	- Criar gabinetes técnicos de consultoria/auditoria. - Disponibilizar ferramentas de simulação e optimização de consumos on-line e a pedido.
	Segmentar	- Classificar clientes e definir política de actuação para cada segmento em função dos custos da não qualidade fornecida. - Atribuir um gestor a cada grupo de clientes.
	Diversificar oferta de serviços	- Estabelecer alianças estratégicas e vender outros serviços em parceria.
	Política tarifária	- Divulgar política tarifária por todos os meios disponíveis. - Aplicar descontos em função da quantidade. - Reduzir o preço da potência contratada. - Suportar todos os custos até ao contador.
	Sensibilizar colaboradores para novas realidades	- Dar uma grande ênfase à formação interna e à sensibilização para as novas realidades do sector.

5.7 Construção da Casa da Qualidade

Para apoio à concretização desta etapa, que se apresenta geralmente de uma elevada complexidade do ponto de vista gráfico e de cálculo para ser efectuada manualmente, foi utilizada a ferramenta informática por nós desenvolvida, designada por *Editor da Casa da Qualidade*, já referida no Capítulo 4.

O resultado da sua aplicação pode observar-se pela Casa da Qualidade apresentada na página 237 desta secção.

5.7.1 Quarto 1 - Requisitos do cliente

No quarto 1 da Casa da Qualidade são colocados os requisitos dos clientes para com o produto/serviço energia eléctrica, os ***quês***, estando a sua exposição organizada de acordo com a estrutura emergente da elaboração do KJ (ver **Anexo H**) apresentada na Tabela 5.10. Da listagem dos requisitos apresentados nesta removeram-se os que foram classificados pelo estudo de Kano como *indiferentes* (11, 13, 14 e 15). A coluna da esquerda da Tabela 5.10, relativa ao nível mais elevado de abstracção da aplicação do KJ, foi também removida, pelo facto de apenas poderem ser considerados 3 níveis na introdução de dados no Editor da Casa da Qualidade. A Tabela 5.34 apresenta o conteúdo deste quarto, bem como da sua chaminé (coluna da direita, com as importâncias relativas de cada um dos requisitos).

Tabela 5.34 - Quarto 1 e chaminé da Casa da Qualidade.

			Chaminé
Serviços integrados	Aconselhamento Técnico ao Cliente	(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos clientes no uso racional da energia eléctrica.	6.88
		(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	6.76
	(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.		6.88
	(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.		3.71
Todos iguais todos diferentes	Segmentação	(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	5.65
		(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	6.41
	(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.		5.53
Honestidade	Transparência no relacionamento com o Cliente	(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	6.29
		(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	6.88
		(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	8.12
	Responsabilizar colaboradores pelo contacto directo com o Cliente	(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	5.35
Relação estável	Ao nosso lado nos bons e maus momentos	(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	7.76
		(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	6.88
	Fiabilidade do produto e serviço	(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	8.47
		(19) É fundamental reduzir o numero de cortes e a sua duração.	8.65
		(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	8.29
Fidelidade recíproca Cliente/Empresa	Obsessão pelo Cliente	(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	6.53
		(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	6.71
		(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	7.06
		(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	7.24
	Relação directa com o Cliente	(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	6.76
		(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.	7.76
		(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	5.59
		(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	7.76
	(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.		6.00
Competitividade	Diminuição do custo do serviço	(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	6.88
		(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	5.53
		(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	6.24
	(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.		7.24
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.			5.24
(35) É fundamental inverter o sentido de pioria gradual da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.			6.41
(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes!			7.94

5.7.2 Quarto 2 - Características do produto e do serviço

No quarto 2 da Casa da Qualidade são colocadas as características do produto e do serviço energia eléctrica, os ***comos*** para implementar os ***quês***. O conteúdo deste quarto resulta da transcrição das características enunciadas na Tabela 5.33, com algumas adaptações sintácticas, para uma estrutura de 3 níveis, a introduzir no editor da Casa da Qualidade. Além dessa informação, foram ainda definidas e adicionadas as *unidades de medida* e a *especificação* (ou valor desejado) de cada característica para a obtenção dos requisitos manifestados pelos clientes a respeito do produto/serviço pretendidos.

A visualização completa dos campos de informação deste quarto apresenta-se nas Tabelas 5.35-A, 5.35-B e 5.35-C.

Tabela 5.35-A - Quarto 2 da Casa da Qualidade (com informação da Qualidade da Onda).

1º Nível	2º Nível	3º Nível	Unidades de medida	Especificação	Dificuldade
Qualidade da onda	Modernizar o sistema de transporte e de distribuição.	1 • Reforço de linhas sobrecarregadas.	% acima da P. Instal.	150% x P. Instalada	4
		2 • Supressores de sobretensões (Zn O).	% total de pontos crit.	Instalar 20%/ano	5
		3 • Sistemas pára-raios.	% total de pontos crit.	Instalar 20%/ano	4
		4 • Comprimento das linhas de B.T.	Km	Máx. 1 Km ao PT	5
		5 • Potência dos P.T.	% acima da P. Instalada	120% x P. Instalada	4
		6 • Sistemas automáticos de regulação de tensão.	% total de PT	10% / ano	9
	Regular o impacto dos produtores independentes	7 • Políticas de ligação com base em critérios de qualidade.	Adoptar Regulamento		1
		8 • Adaptar infra-estruturas à produção independente.	Estudo Pontual		5
	Regular o impacto das perturbações harmónicas	9 • R.Q.S. com os deveres e direitos de fornecedores e clientes bem explícitos.	Adoptar Regulamento		1
		10 • R.S.I.U.E.E. tem em conta novas realidades.	Actual. Regulamento		1
	Monitorizar e registar a qualidade do produto nos P.C.C.´s	11 • Monitorar e registar todos os parâmetros da qualidade fornecida.	% total de pontos críticos	20% /ano	4
		12 • Classificar e catalogar clientes poluidores.	Meses	6	4
	Incentivar ao uso de tecnologias preventivas e modernas.	13 • Supressores de sobretensões (Zn O) ao nível cliente individual.	% total de clientes	25% /ano	2
		14 • Sistemas com a função dupla de filtragem harmónica e correcção do factor de potência.	% total de pontos críticos	25% /ano	5
		15 • Transformadores com auto-cancelamento de algumas harmónicas.	% total de pontos críticos	25% /ano	7
		16 • Tecnologias com menor impacto sobre a qualidade da energia.	Divulgar	100% clientes (Indúst. + serviços)	2

Tabela 5.35-B - Quarto 2 da Casa da Qualidade (com informação da Continuidade do Serviço).

1º Nível	2º Nível	3º Nível	Unidades de medida	Especificação	Dificuldade
Continuidade do serviço	Praticar manutenção preditiva.	17 • Base de informação sobre cada componente.	Criar	100% dos component.	2
		18 • Substituir equipamentos obsoletos.	% equip. antigos	50% /ano	6
		19 • Monitorar com rigor o tempo de vida previsível dos equipamentos antigos.	Vezes/ano	2	2
		20 • Programar devidamente as interrupções.	Prevenção	Continuamente	2
		21 • Inspecção termográfica dos equipamentos e linhas.	Vezes /ano	2	3
	Reforçar fiabilidade do sistema de distribuição.	22 • Maior redundância na alimentação	Nº pontos de ligaç.	min. 2	7
		23 • Enterrar linhas de transporte e distribuição.	m /ano (z. criticas)	10% ano (zonas crit.)	10
		24 • Estudar continuamente os pontos críticos.	Estudar	100% /ano	2
		25 • Fazer *"benchmarking"* de situações nos pontos (e equipamentos) críticos para outros semelhantes.	Por defeito	Continuamente	1
	Adoptar novas tecnologias na distribuição.	26 • Torçadas MT semi-isoladas (15KV e 30 KV).	Km /ano (z. criticas)	20% ano (zonas crit.)	8
		27 • Dispositivos de protecção com abertura e rearme automático mais rápidos.	% total de pontos crit.	20 % / ano	7
		28 • UPS p/ cargas críticas e p/ suprir micro-cortes onde estes sejam altamente críticos	% total de pontos crit.	25 % / ano	7
	Maior exigência na selecção de equipamentos	29 • Melhor MTBF.	Nº horas entre avarias	Valor máx. mercado	4
		30 • Menores tempos de reparação e recolocação em serviço.	Nº horas inoperacional	Valor mín. mercado	4
	Manutenção das linhas e equipamentos	31 • Manutenção e limpeza dos isoladores.	Vezes / ano	1	6
		32 • Manutenção da envolvente.	Vezes / ano	0.5	3
		33 • Maiores barreiras de acessos a todo o equipamento de T & D.	Incrementar		3
		34 • Suportes de nidificação das cegonhas ao lado dos postes de AT.	% do total	25 % / ano	3
		35 • Trabalhos em tensão	Para MT e AT	Sempre	5
	Explorar melhor as potencialidades do SGI	36 • Informação do terreno chega com rapidez ao serviço de planeamento.	Tempo de actualizaç.	10 min.	3
		37 • SGI divulga em tempo real a situação do momento.	Atraso na divulgaç.	15 min.	2
		38 • Gerar índices de serviço, comparar com anteriores e fazer análises de tendências.	Sistemático	Modo automático	2
	Segmentar mercado	39 • Plano de actuação de emergência em função da criticidade cada segmento.	Tempo p/ quantificação (meses)	6	4
		40 • Soluções de geração distribuída junto de processos altamente críticos.	Prazo de proposta	1 ano	8
	Disseminar conhecimento sobre novas tecnologias	41 • Sensibilizar eficientemente os clientes sobre os seus deveres e responsabilidades.	Divulgação	Todos (Industrias e serviços)	1
		42 • Transferência de tecnologias clássicas para tecnologias "Ride Through"	Propor	50%/ano proc. críticos	2

Tabela 5.35-C - Quarto 2 da Casa da Qualidade (com informação da Qualidade Comercial).

1º Nível	2º Nível	3º Nível	Unidades de medida	Especificação	Dificuldade
Qualidade Comercial	Recursos Humanos	43 • Manual de ética da empresa para com o cliente.	Prazo	6 meses	1
		44 • Interiorizar o conceito de cliente interno e criar mecanismos para estimular a índices de desempenho mais elevados.	Prazo	6 meses	1
	Maior responsabilização e transparência	45 • Garantir por escrito a fiabilidade do produto/serviço.	Implementar	100% contratos	1
		46 • Acesso do cliente aos seus registos.	Permitir	100 % dos clientes	1
		47 • Com base nos registos, assumir responsabilidades sem rodeios.	Clarificação respons.	Por defeito	1
	Mecanismos de audição	48 • Linhas de acesso gratuito 800… em quantidade suficiente.	Nº linhas / (1000 clientes)	5 (Temp espera < 30 Seg.)	2
		49 • E-Mail sempre disponível e com resposta muito rápida.	Contas por segmento/região	1	2
		50 • Relacionamento directo e eficiente com o cliente.	Eficácia dos contactos p/ MT (%)	100%	2
		51 • Auscultar e visitar periodicamente os clientes.	Iniciativas/ano	2	4
	Mecanismos de divulgação	52 • Quem atende, sabe ou tem acesso rápido à informação que o cliente quer saber.	Eficácia de resposta	95%	4
		53 • Divulgar eficientemente as interrupções programadas.	Eficácia de divulgação - %	100%	2
		54 • Utilizar as potencialidades da Internet para informar os clientes sobre tudo o que estes possam querer saber.	% informaç. coberta	95 %	1
		55 • Envio de mensagens automáticas para listas de clientes especiais via e-mail, BIP, WAP ou GSM.	% de envio	100 % clientes das listas	2
	Organização Interna - Melhoria contínua da qualidade do serviço)	56 • Interface com o cliente é efectuado por pessoas com formação técnica e humana adequadas.	Curso de formação com avaliação.	Frequência obrigatória	3
		57 • Instituir como norma, mecanismos de medição da qualidade de desempenho dos colaboradores.	Cobertura geral	100% colab.	4
		58 • Processar as informações recolhidas com rapidez e divulgar índices de desempenho individual e colectivo regularmente.	Comparar	Forma sistemática	3
		59 • Responsabilizar de forma consequente os colaboradores pelo seu desempenho e contacto directo com o cliente.	Gerar índice de desempenho (0-100)	Min. 65 pontos	3
		60 • Instituir sistema de gratificações para os desempenhos exemplares.	Índice de desempenho	Acima de 75 pontos	3
		61 • Exteriorizar o esforço interno para a melhoria dos índices da qualidade de serviço global.	Divulgação	Sistemática	1
		62 • Estabelecer metas de liberalização internas, criando sub-sectores com gestão independente e por objectivos.	Nº. de sub-sectores	Os necessários	4
	Inovação na oferta de serviços	63 • Criar gabinetes Técnicos de consultoria/auditoria.	Nº / (500 clientes alvo)	1	6
		64 • Disponibilizar ferramentas de simulação e optimização de consumos (on-line e a pedido).	Disponibilizar	Imediato	2
	Segmentar	65 • Classificar clientes e definir política de actuação para cada segmento em função dos custos da não qualidade.	Tempo necessário	6 meses	4
		66 • Atribuir um gestor a cada grupo de clientes.	Gestor/500 clientes	1	4
		67 • Web-site apelativo e eficiente orientado por regiões e para segmentos.	Índice de satisfação	95% - Muito Bom e Bom	1
	Diversificar oferta de serviços	68 • Estabelecer alianças estratégicas e vender outros serviços em parceria.	Estudar	Médio prazo	2
	Política tarifária	69 • Divulgar política tarifária por todos os meios disponíveis.	Concretizar	Imediato	1
		70 • Aplicar descontos em função da quantidade.	% da factura total	Até 5%	2
		71 • Reduzir o preço da potência contratada.	Redução anual	50% / ano	2
		72 • Suportar todos os custos até ao contador.	Assumir	100 %	4
	Sensibilizar colaboradores para novas realidades	73 • Dar uma grande ênfase à formação interna e à sensibilização para as novas realidades do sector.	Prazo	6 meses	2

5.7.3 Quarto 3 - Preenchimento da Casa

Uma vez definidos os conteúdos dos quartos 1 e 2, estes foram introduzidos no *Editor da Casa da Qualidade* e procedeu-se depois ao preenchimento da *matriz de correlações* (quarto 3) ou da *matriz de classificação das relações entre características e requisitos,* de acordo com as opções referidas no Capítulo 4, que são:

- Correlação inexistente,
- Correlação fraca,
- Correlação forte,
- Correlação muito forte.

Na página seguinte apresenta-se a Casa da Qualidade, produzida com o *Editor Português da Casa da Qualidade*, com o resultado desta operação; sendo também apresentada no **Anexo O**.

5.7.4 Quarto 6 - Preenchimento do Telhado da Casa

Como referimos também no Capítulo 4 (subsecção 4.4.2), no telhado da CQ são representadas as relações entre as características encontradas para a implementação dos requisitos do produto/serviço. Foi também realçado que a maior utilidade desta área reside na identificação e destaque para as relações negativas. Ora, como podemos constatar pelo nosso diagrama da CQ, apresentado na página seguinte, o telhado está vazio. As explicações para este facto são as seguintes:

1. Não foram identificadas características cuja implementação individual apresentasse um efeito contrário muito significativo sobre as funcionalidades endereçadas por outras, excepto, sobre as características 71 e 72 (que têm a ver com a redução de custos), mas apenas para um pequeno número sem significado especial;

2. Existem muitas relações positivas entre características, isto é, a implementação de uma reflecte-se de forma positiva no endereçamento das funcionalidades de outras. Mas, como não nos pareceu importante evidenciar essas relações, nem o impacto da sua representação no telhado da CQ seria muito elucidativo e de fácil leitura, decidimos não as representar também.

C. Q.

Verso da C. Q.

5.7.5 Quarto 4 - Confronto com a concorrência

Nesta subsecção descreve-se o resultado de uma análise comparativa do índice de satisfação dos clientes para com cada um dos requisitos identificados para o produto e serviço, entre a empresa fornecedora "actual" e as possíveis concorrentes.

Para este efeito, a questão que de imediato se colocou foi a de averiguar se existe já concorrência em Portugal no fornecimento de energia eléctrica, e quem constitui essa concorrência. Após alguma pesquisa junto de diversas entidades, foi então possível constatar o seguinte:

- Na sequência do processo de liberalização em curso, coordenado e arbitrado pela ERSE, existe desde Fevereiro de 1999 a possibilidade de os grandes clientes (com consumos iguais ou superiores a 9 GWh/ano) optarem por um regime designado *não vinculado* e poderem escolher livremente o seu fornecedor, adquirindo energia eléctrica a fornecedores alternativos à EDP, S.A. (detentora exclusiva da prestação deste serviço até a entrada em vigor desta medida) [ERSE, 2000]. Em Janeiro de 2002, esta medida foi estendida para todos os clientes alimentados em MT, o que veio alargar grandemente o universo de potenciais clientes *não vinculados*;
- Pelo que foi possível apurar também, em Maio de 2001 existiam em Portugal 22 empresas a usufruir deste regime [Gonçalves, 2001], pelo que estas constituíram o alvo do nosso trabalho e fonte de informação para a obtenção das respostas possíveis, nesta fase inicial do processo, com vista a efectuar uma análise comparativa dos índices de satisfação dos clientes para com cada um dos requisitos. Pois essas empresas constituíam os únicos interlocutores em posição de poderem responder a questões comparativas sobre os níveis de satisfação relativamente ao seu fornecedor actual (concorrência) e ao fornecedor anterior (EDP, S.A.);
- Adianta-se ainda que das 22 empresas aderentes ao regime não vinculado (em Maio de 2001), 8 faziam parte de um único Grupo Multinacional e as suas actividades de laboração situam-se nos seguintes sectores:
    - Indústria Vidreira;
    - Indústria Química;
    - Indústria de Painéis Derivados de Madeiras;
    - Indústria Têxtil;
    - Indústria de Componentes Electrónicos;
    - Distribuição e Grandes Superfícies Comerciais.

O único fornecedor alternativo de energia eléctrica escolhido por estes clientes, nessa altura, era a Endesa, S.A. (empresa do sector eléctrico Espanhol), pelo facto de oferecer condições mais vantajosas em alguns domínios, como iremos adiante referir.

Para classificar o confronto da empresa actual (EDP) com a concorrência já existente, no domínio dos requisitos identificados para o produto/serviço, definiu-se uma escala classificativa de 1 a 5 pontos. Através de uma entrevista presencial, baseada num diálogo aberto, junto de

alguns dos responsáveis das empresas dos sectores acima referidos, estes atribuíam um valor, em sintonia com a sua percepção relativamente à implementação de cada requisito, dentro da escala a seguir apresentada.

Tabela 5.36 - Níveis de classificação no confronto com a concorrência.

Presença do requisito	Índice de satisfação com a implementação do requisito	Classificação
Inexistente	Extremamente insatisfeito	1
Quase inexistente	Pouca satisfação	2
Já existe bastante	Alguma satisfação	3
Já existe muito	Muito satisfeito	4
Excelente	Encantado	5

Após a realização das entrevistas foi então possível obter a informação apresentada nas duas colunas da direita da tabela seguinte. Esta informação é igualmente apresentada, sob a forma gráfica, no diagrama da Casa da Qualidade (quarto 4) da página 237 (e **Anexo O**).

Tabela 5.37 - Confronto com a concorrência (EDP/Endesa).

			EDP	Endesa
Serviços integrados	Aconselhamento Técnico ao Cliente	(1) Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico dos clientes no uso racional da energia eléctrica.	1	1
		(2) Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos com base nas várias alternativas tarifárias.	2	2
	(3) Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.		4	4
	(4) Utilizar sinergias da empresa para vender outros serviço em parceria.		1	1
Todos iguais todos diferentes	Segmentação	(5) Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.	3	3
		(6) Dispor de atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.	2	2
	(7) Disponibilizar qualidade mais elevada para o sector urbano e rural.		2	2
Honestidade	Transparência no relacionamento com o Cliente	(8) Fundamental dar mais garantias por escrito ao cliente.	1	1
		(9) Direitos e deveres de ambas as partes bem explícitos no contrato de fornecimento de energia.	1	1
		(10) Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.	2	2
	Responsabilizar colaboradores pelo contacto directo com o Cliente	(12) Haver mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.	*	*
Relação estável	Ao nosso lado nos bons e maus momentos	(16) Perante boas condições atmosféricas a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.	3	3
		(17) Crucial implementar mecanismos de monitorização e registo de todos os eventos relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam.	1	1
	Fiabilidade do produto e serviço	(18) É fundamental reduzir o número de cortes e micro-cortes para as indústrias de processo contínuo.	2	2
		(19) É fundamental reduzir o numero de cortes e a sua duração.	2	2
		(20) Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vai efectuar.	2	2
Fidelidade recíproca Cliente/Empresa	Obsessão pelo Cliente	(21) O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	1	1
		(22) Mostrar ao cliente que este é muito importante para a empresa e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	1	1
		(23) A empresa toma a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.	1	1
		(24) A empresa disponibiliza meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.	2	2
	Relação directa com o Cliente	(25) Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	1	1
		(26) O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problem as de forma rápida.	2	2
		(27) Descer ao terreno, efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	1	1
		(28) Quem atende o cliente sabe o que se passa ao nível do terreno e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.	2	2
	(29) Quando o cliente não tem razão, dar explicações esclarecedoras e objectivas.		1	1
Competitividade	Diminuição do custo do serviço	(30) Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.	2	2
		(31) Custo da potência contratada ser muito inferior.	2 ◆	3 ◆
		(32) O preço ser mais baixo e aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.	2 ◆	3 ◆
	(33) Permitir a rápida abertura à concorrência e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.		2 ◆	3 ◆
(34) Divulgar com clareza e eficácia a política comercial.			3	3
(35) É fundamental inverter o sentido de degradação progressiva da qualidade do serviço prestada nos últimos tempos.			2	2
(36) A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes!			-	-

(*) Clientes desconhecem se existe.

(◆) Valores diferentes.

Pela observação do quarto 4 da CQ (Confronto com a Concorrência) podemos constatar que a única diferença apercebida pelos clientes, entre a EDP e a Endesa, situa-se ao nível dos custos, sendo estes inferiores para a Endesa. Esta conclusão era por nós esperada, pois as infra--estruturas de T&D são comuns às duas empresas, estando os clientes de ambas sujeitos exactamente às mesmas perturbações.

No domínio da qualidade comercial, seria possível poder evidenciar algumas diferenças em alguns requisitos em estudo, mas devido, ou à fase inicial em que este processo se encontra, ou a opções da concorrência nesse sentido, a empresa espanhola não efectuou ainda quaisquer investimentos, por exemplo em serviços de apoio ao cliente ou serviços comerciais de âmbito mais alargado. Por esta razão, os dois fornecedores não se diferenciam pela qualidade do serviço prestado, mas unicamente pelo custo desse "mesmo" serviço.

A razão porque a Endesa pratica um preço inferior ao da EDP deve-se unicamente à protecção legal dada ao aparecimento de fornecedores alternativos. Apesar de esta empresa praticar um preço por kWh mais elevado (devido ao pagamento de tarifas pelo uso das infra--estruturas de transporte à REN), o custo da sua potência contratada (custo fixo!) é muito inferior ao praticado pela EDP. Esta afirmação necessita no entanto de ser analisada com maior rigor, pois alguns dos clientes do regime não vinculado (que manifestaram o facto de os custos da Endesa serem inferiores), não estão no fundo a comprar (e a comparar) o mesmo serviço. Com efeito, estes não pagam o custo da potência contratada, porque o fornecedor concorrente não dá garantias de poder disponibilizar essa potência. Mas, como globalmente o sistema ainda possui capacidade de produção em excesso, os clientes acabam por ter a garantia da potência disponível, sem ter que pagar por ela. É ainda importante esclarecer que uma grande parte das empresas aderentes ao regime não vinculado são auto-produtoras de electricidade (maioritariamente através de sistemas de co-geração), necessitando de alimentação exterior apenas em situações excepcionais.

Refere-se a título de exemplo que um dos clientes (do sector industrial) integrado no regime não vinculado manifestou que com esta alternativa a sua empresa estava a poupar cerca de 25.000 Euros (5.000 contos) na factura mensal da energia eléctrica (dados referentes a Dezembro de 2000).

Ainda de acordo com dados divulgados pela ERSE, e tendo por base os consumos referentes ao ano de 1999, o número de clientes elegíveis ao regime não vinculado era no final desse ano de 214, correspondendo a 24,4% do consumo total nacional [ERSE, 2000].

No entanto, e de acordo com imposições da Comissão Europeia, que pretende acelerar a liberalização total do sector eléctrico no espaço da UE, as metas intermédias divulgadas pela ERSE são as seguintes: até ao início de 2002 baixar o limiar de acesso ao regime não vinculado para todos os clientes de MT (como foi já referido atrás), o que aumentará o leque das empresas abrangidas para cerca de 18.300, correspondendo a 45% do consumo nacional de electricidade. Até 1 de Janeiro de 2005 criar condições para que todos os clientes (incluindo os residenciais) possam optar livremente pelo fornecedor de electricidade [ERSE, 2001].

Estas medidas legislativas, com vozes bastante críticas por parte de alguns quadros da distribuidora tradicional, têm por objectivo criar condições para o aparecimento de novos fornecedores, levando a que as novas empresas possam competir com as actuais num mercado

aberto, bem regulado e que se pretende dinâmico. E que venham gradualmente a introduzir melhorias nos seus sistemas e serviços que se traduzam no mais curto espaço de tempo possível numa gestão mais eficiente e em reais benefícios para os clientes.

Na mesma linha destas medidas, também a Rede Nacional de Transporte de Energia em AT e MAT, explorada pela empresa REN, S.A., foi em 23 de Novembro de 2000 separada juridicamente da EDP, S.A., no sentido de ser criado um ambiente de independência e de exigência, para com esta infra-estrutura crucial, onde qualquer produtor e distribuidor possa exigir níveis de qualidade de serviço ao transportador, devidamente enquadrados por regulamentos específicos para o efeito.

A entrada em vigor do Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS), da responsabilidade da Direcção Geral de Energia, em 1 de Janeiro de 2001, insere-se também neste quadro de medidas com vista à criação de um ambiente de sã, transparente e responsável concorrência entre todos os agentes intervenientes no processo. A actual versão do RQS constitui um referencial extremamente pouco exigente, mas representa no entanto um ponto de partida, há muito adiado, e espera-se que gradualmente este venha a ser revisto, no sentido do aumento progressivo das exigências para com os níveis de qualidade exigidos às distribuidoras. Este faseamento destina--se a permitir que estas possam dispor de algum tempo para se adaptarem às novas exigências. O objectivo de todas estas medidas é o da melhoria efectiva dos índices globais da qualidade de serviço prestado, de uma maior adequação do produto e serviço às necessidades dos clientes e do aumento dos seus índices de satisfação.

Ainda neste âmbito, e como tentativa de resposta às novas realidades nacionais no sector eléctrico, também a EDP, S.A., criou uma "nova empresa" com a designação *EDP Energia*, cujo principal objectivo é o de oferecer aos clientes elegíveis ao regime não vinculado condições idênticas (liberalização de tarifário) às oferecidas pela actual concorrente (Endesa), numa tentativa de reter importantes clientes. Esta atitude tem vindo a causar alguma polémica no sector, sobretudo nos quadros da ERSE, por ser considerada usurpadora e pouco deontológica no quadro de liberalização efectiva que se pretende instituir. De acordo com informações recolhidas durante as entrevistas, e entretanto já publicadas na imprensa nacional [Gonçalves, 2001], o número de clientes retidos por esta "nova empresa" é também da ordem da dezena, situando-se estes nos seguintes sectores:

- Indústria de Componentes Electrónicos;
- Telecomunicações;
- Indústria Cerâmica;
- Indústria Metalúrgica;
- Indústria Tabaqueira.

O processo de liberalização do sector eléctrico encontra-se em Portugal, como vemos, a dar o seus primeiros passos. Como analisámos no Capítulo 3, onde se descreveram as *Novas tecnologias ao serviço da qualidade da energia eléctrica*, a partir do momento em que existam condições para o aparecimento de fornecedores alternativos é natural que estes apostem na diferenciação baseada não apenas no preço, mas também, e sobretudo, na qualidade do serviço e

do produto (continuidade do fornecimento, qualidade da onda e qualidade comercial), providenciando uma maior adequação ao uso deste produto/serviço para determinados segmentos de mercado.

Tal pode ser conseguido através de:

- Aplicação de novas metodologias de gestão centradas no cliente;
- Gestão mais eficiente todos os recursos envolvidos;
- Proposta de novas tecnologias de GD;
- Colocação de armazenamento de energia junto de processos altamente críticos;
- Disponibilização de apoio técnico e consultoria especializada sobre melhores práticas na utilização da energia eléctrica;
- Implementação de serviços de monitorização das instalações, que levem ao diagnóstico rápido de problemas e à actuação preventiva;
- Oferta de um serviço comercial adequado a cada segmento e baseado no conceito de fornecimento de valor.

Em suma, implementando as principais directivas e características identificadas com este trabalho para o produto e serviço energia eléctrica (apresentadas no quarto 2 da CQ e comentadas nas Conclusões desta dissertação).

5.7.6 Determinação do índice de dificuldade (técnica e financeira) de implementação de cada uma das características

Uma vez conhecidos os índices de *importância técnica* e de *importância relativa* para cada característica, emergentes com o preenchimento da matriz de relações da CQ (ver Quarto 5), ficámos a conhecer de uma *forma quantitativa* qual o impacto que a implementação de cada uma das características possuía para a satisfação dos requisitos dos clientes. Mas, conhecer esse impacto constitui apenas um indicador do benefício dessa característica. É pois fundamental conhecer também qual o custo e/ou a dificuldade de implementação da mesma. Só desse modo as características podem ser devidamente avaliadas com base numa análise mais abrangente da sua relação ***benefício/custo***. Para este efeito decidimos determinar o ***índice de dificuldade de implementação*** de cada característica (ou solução técnica), onde consideramos integrados *os aspectos de ordem técnica* e *o esforço financeiro exigido para a sua implementação*.

A obtenção deste *índice* para cada uma das 73 características em análise, apresentava-se à partida como um objectivo difícil de concretizar devido:

- À dimensão do sector;
- À grande amplitude de algumas das características;
- À grande margem de variação no intervalo dos custos (dependente das várias alternativas tecnológicas disponíveis).

Por outro lado, precisávamos também de definir uma forma de representar esse índice. Se, em termos de custos por MWh de energia fornecida, se pelo custo absoluto de implementação de cada característica, ou se simplesmente por um *índice comparativo do grau de dificuldade de implementação de cada uma das características relativamente às restantes*. Após alguma reflexão em torno desta questão, optámos pela última alternativa, por esta nos parecer possuir o rigor suficiente para os objectivos em estudo e ser de execução mais expedita.

Definiu-se assim que o *índice de dificuldade de implementação* (técnica e financeira) de cada característica seria expresso numa escala de **1** a **10** pontos, com o seguinte significado para cada valor a atribuir:

1. Característica *muito fácil de implementar*, envolvendo poucos recursos financeiros e dificuldade técnica reduzida;

…

5. Significa que a característica apresenta uma *dificuldade de implementação moderada*, envolvendo um esforço significativo em termos financeiros e de dificuldade técnica;

…

10. Significa que a característica é *muito difícil de implementar*, pois envolve um esforço financeiro muito elevado e apresenta uma grande dificuldade técnica e operacional de implementação;

com os valores não discriminados entre 1 e 10 a representarem níveis de dificuldade intermédia entre os que são descritos.

Na atribuição deste índice, além da percepção individual do autor, assimilada ao longo de todo o trabalho, do contacto com todos os interlocutores e com as pesquisas sintetizadas nos Capítulos 2 e 3, foram também auscultados especialistas nacionais e entidades ligadas a investimentos para este fim específico. Assim, foi inquirido um grupo de 10 pessoas, consideradas com elevada experiência na área dos investimentos e grande sensibilidade para as novas realidades do sector, provenientes dos seguintes sectores e empresas: Cenel (Empresa distribuidora de energia eléctrica na região Centro - Coimbra), ERSE (Entidade Reguladora do Sector Eléctrico - Lisboa), DGE (Direcção Geral de Energia - Lisboa), EDP (Lisboa), FEUP (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto), IST (Instituto Superior Técnico - Lisboa), ESTV-IPV (Escola Superior de Tecnologia de Viseu) e J. Canas, Lda. (Empresa Certificada segundo as ISO 9002, fornecedora de serviços para as empresas dos grupo EDP - Figueira da Foz).

O resultado final dessa auscultação, com a classificação dominante das respostas, é apresentado na coluna da direita das Tabelas 5.35-A, 5.35-B e 5.35-C (páginas 233 a 235).

Utilizando este *índice*, pudémos então reclassificar as 73 características encontradas, com base em critérios de maior eficácia de implementação, conhecendo a relação [(benefício)/(custo total de implementação)], através do quociente do *índice de importância técnica* pelo *índice de dificuldade de implementação*, informação apresentada nas colunas da direita da Tabela 5.38.

Tabela 5.38 - Determinação da relação benefício/custo para cada característica.

Característica	Imp. Técnica	Dif. Implem.	Benef./ Custo
1 - Reforço de linhas sobrecarregadas.	297,23	4	74,3
2 - Supressores de sobretensões (Zn O).	246,77	5	49,4
3 - Sistemas pára-raios.	139,94	4	35,0
4 - Comprimento das linhas de BT.	204,77	5	41,0
5 - Potência dos P.T.´s.	174,94	4	43,7
6 - Sistemas automáticos de regulação de tensão.	174,77	9	19,4
7 - Políticas de ligação com base em critérios de qualidade.	212,94	1	212,9
8 - Adaptar infra-estruturas à produção independente.	174,94	5	35,0
9 - R.Q.S. com os deveres e direitos de fornecedores e clientes bem explícitos.	571,94	1	571,9
10 - R.S.I.U.E.E. tem em conta novas realidades.	86,28	1	86,3
11 - Monitorar e registar todos os parâmetros da qualidade fornecida.	317,24	4	79,3
12 - Classificar e catalogar clientes poluidores.	350,94	4	87,7
13 - Supressores de sobretensões (Zn O) ao nível cliente individual.	129,13	2	64,6
14 - Sistemas com a função dupla de filtragem harmónica e correcção do factor de potência.	69,28	5	13,9
15 - Transformadores com auto-cancelamento de algumas harmónicas.	69,94	7	10,0
16 - Tecnologias com menor impacto sobre a qualidade da energia.	94,94	2	47,5
17 - Base de informação sobre cada componente.	97,23	2	48,6
18 - Substituir equipamentos obsoletos.	145,94	6	24,3
19 - Monitorar com rigor o tempo de vida previsível dos equipamentos antigos.	101,23	2	50,6
20 - Programar devidamente as interrupções.	163,94	2	82,0
21 - Inspecção termográfica dos equipamentos e linhas.	132,59	3	44,2
22 - Maior redundância na alimentação	284,94	7	40,7
23 - Enterrar linhas de transporte e distribuição.	193,77	10	19,4
24 - Estudar continuamente os pontos críticos.	109,24	2	54,6
25 - Fazer "benchmarking" de situações nos pontos (e equipamentos) críticos para outros semelhantes.	115,88	1	115,9
26 - Torçadas MT semi-isoladas.	175,94	8	22,0
27 - Dispositivos de protecção com abertura e rearme automático mais rápidos.	176,77	7	25,3
28 - UPS´s para cargas críticas e p/ suprir micro-cortes onde sejam altamente críticos.	241,94	7	34,6
29 - Melhor MTBF.	305,94	4	76,5
30 - Menores tempos de reparação e recolocação em serviço.	311,77	4	77,9
31 - Manutenção e limpeza dos isoladores.	358,94	6	59,8
32 - Manutenção da envolvente.	303,77	3	101,3
33 - Maiores barreiras de acessos a todo o equipamento de T & D.	49,94	3	16,6
34 - Suportes de nidificação das cegonhas ao lado dos postes de AT.	377,77	3	125,9
35 - Trabalhos em tensão	308,94	5	61,8
36 - Informação do terreno chega com rapidez ao serviço de planeamento.	283,69	3	94,6
37 - SGI divulga em tempo real a situação do momento.	244,94	2	122,5
38 - Gerar índices de serviço, comparar com anteriores e fazer análises de tendências.	114,64	2	57,3
39 - Plano de actuação de emergência em cada segmento em função da criticidade dos processos.	290,94	4	72,7
40 - Soluções de geração distribuída junto de processos altamente críticos.	331,71	8	41,5
41 - Sensibilizar eficientemente os clientes sobre os seus deveres e responsabilidades.	136,94	1	136,9
42 - Transferência de tecnologias clássicas para tecnologias "Ride Through"	127,71	2	63,9
43 - Manual de ética da empresa para com o cliente.	399,94	1	399,9
44 - Interiorizar o conceito de cliente interno e estimular a concorrência interna.	88,71	1	88,7
45 - Garantir por escrito a fiabilidade do produto/serviço.	210,41	1	210,4
46 - Acesso do cliente aos seus registos.	96,36	1	96,4
47 - Com base nos registos, assumir responsabilidades sem rodeios.	188,41	1	188,4
48 - Linhas de acesso gratuito 800… em quantidade suficiente.	215,64	2	107,8
49 - E-Mail sempre disponível e com resposta muito rápida.	145,41	2	72,7
50 - Relacionamento directo e eficiente com o cliente.	204,64	2	102,3
51 - Auscultar e visitar periodicamente os clientes.	420,69	4	105,2
52 - Quem atende, sabe ou tem acesso rápido à informação que o cliente quer saber.	222,23	4	55,6
53 - Divulgar eficientemente as interrupções programadas.	243,23	2	121,6
54 - Utilizar as potencialidades da Internet para informar os clientes sobre tudo o que estes possam querer saber.	244,28	1	244,3
55 - Envio de mensagens automáticas para listas de clientes especiais via e-mail, BIP, WAP ou GSM.	273,23	2	136,6
56 - Interface com o cliente é efectuado por pessoas com formação técnica e humana adequadas.	217,88	3	72,6
57 - Instituir como norma, mecanismos de medição da qualidade de desempenho dos colaboradores.	144,23	4	36,1
58 - Processar as informações recolhidas com rapidez e divulgar índices de desempenho individual e colectivo regularmente.	104,88	3	35,0
59 - Responsabilizar de forma consequente os colaboradores pelo seu desempenho e contacto directo com o cliente.	240,69	3	80,2
60 - Instituir sistema de gratificações para os desempenhos exemplares.	53,06	3	17,7
61 - Exteriorizar o esforço interno para a melhoria dos índices da qualidade de serviço global.	86,84	1	86,8
62 - Estabelecer metas de liberalização internas, criando sub-sectores com gestão independente e por objectivos.	293,64	4	73,4
63 - Criar gabinetes Técnicos de consultoria/auditoria.	429,23	6	71,5
64 - Disponibilizar ferramentas de simulação e optimização de consumos (on-line e a pedido).	92,71	2	46,4
65 - Classificar clientes e definir política de actuação para cada segmento em função dos custos da não qualidade fornecida.	192,88	4	48,2

Continua na página seguinte …

Tabela 5.38 - (Continuação).

Característica	Imp. Técnica	Dif. Implem.	Benef./ Custo
66 - Atribuir um gestor a cada grupo de clientes.	278,53	4	69,6
67 - Web-site apelativo e eficiente orientado por regiões e para segmentos.	96,41	1	96,4
68 - Estabelecer alianças estratégicas e vender outros serviços em parceria.	71,88	2	35,9
69 - Divulgar política tarifária por todos os meios disponíveis.	68,16	1	68,2
70 - Aplicar descontos em função da quantidade.	76,13	2	38,1
71 - Reduzir o preço da potência contratada.	69,77	2	34,9
72 - Suportar todos os custos até ao contador.	81,13	4	20,3
73 - Dar uma grande ênfase à formação interna e à sensibilização para as novas realidades do sector.	275,23	2	137,6

Na Tabela 5.39 apresenta-se a mesma informação, mas agora seriada por ordem decrescente da sua eficácia de implementação (ou relação benefício/custo).

Tabela 5.39 - Ordenação das características por ordem decrescente da sua relação benefício/custo.

Característica	Imp. Técnica	Dif. Implem.	Benef./ Custo
9 - R.Q.S. com os deveres e direitos de fornecedores e clientes bem explícitos.	571,94	1	571,9
43 - Manual de ética da empresa para com o cliente.	399,94	1	399,9
54 - Utilizar as potencialidades da Internet para informar os clientes sobre tudo o que estes possam querer saber.	244,28	1	244,3
7 - Políticas de ligação com base em critérios de qualidade.	212,94	1	212,9
45 - Garantir por escrito a fiabilidade do produto/serviço.	210,41	1	210,4
47 - Com base nos registos, assumir responsabilidades sem rodeios.	188,41	1	188,4
73 - Dar uma grande ênfase à formação interna e à sensibilização para as novas realidades do sector.	275,23	2	137,6
41 - Sensibilizar eficientemente os clientes sobre os seus deveres e responsabilidades.	136,94	1	136,9
55 - Envio de mensagens automáticas para listas de clientes especiais via e-mail, BIP, WAP ou GSM.	273,23	2	136,6
34 - Suportes de nidificação das cegonhas ao lado dos postes de AT.	377,77	3	125,9
37 - SGI divulga em tempo real a situação do momento.	244,94	2	122,5
53 - Divulgar eficientemente as interrupções programadas.	243,23	2	121,6
25 - Fazer "benchmarking" de situações nos pontos (e equipamentos) críticos para outros semelhantes.	115,88	1	115,9
48 - Linhas de acesso gratuito 800… em quantidade suficiente.	215,64	2	107,8
51 - Auscultar e visitar periodicamente os clientes.	420,69	4	105,2
50 - Relacionamento directo e eficiente com o cliente.	204,64	2	102,3
32 - Manutenção da envolvente.	303,77	3	101,3
46 - Acesso do cliente aos seus registos.	96,36	1	96,4
67 - Web-site apelativo e eficiente orientado por regiões e para segmentos.	96,41	1	96,4
36 - Informação do terreno chega com rapidez ao serviço de planeamento.	283,69	3	94,6
44 - Interiorizar o conceito de cliente interno e estimular a concorrência interna.	88,71	1	88,7
12 - Classificar e catalogar clientes poluidores.	350,94	4	87,7
61 - Exteriorizar o esforço interno para a melhoria dos índices da qualidade de serviço global.	86,84	1	86,8
10 - R.S.I.U.E.E. tem em conta novas realidades.	86,28	1	86,3
20 - Programar devidamente as interrupções.	163,94	2	82,0
59 - Responsabilizar de forma consequente os colaboradores pelo seu desempenho e contacto directo com o cliente.	240,69	3	80,2
11 - Monitorar e registar todos os parâmetros da qualidade fornecida.	317,24	4	79,3
30 - Menores tempos de reparação e recolocação em serviço.	311,77	4	77,9
29 - Melhor MTBF.	305,94	4	76,5
1 - Reforço de linhas sobrecarregadas.	297,23	4	74,3
62 - Estabelecer metas de liberalização internas, criando sub-sectores com gestão independente e por objectivos.	293,64	4	73,4
39 - Plano de actuação de emergência em cada segmento em função da criticidade dos processos.	290,94	4	72,7
49 - E-Mail sempre disponível e com resposta muito rápida.	145,41	2	72,7
56 - Interface com o cliente é efectuado por pessoas com formação técnica e humana adequadas.	217,88	3	72,6
63 - Criar gabinetes Técnicos de consultoria/auditoria.	429,23	6	71,5
66 - Atribuir um gestor a cada grupo de clientes.	278,53	4	69,6
69 - Divulgar política tarifária por todos os meios disponíveis.	68,16	1	68,2
13 - Supressores de sobretensões (Zn O) ao nível cliente individual.	129,13	2	64,6
42 - Transferência de tecnologias clássicas para tecnologias "Ride Through"	127,71	2	63,9
35 - Trabalhos em tensão	308,94	5	61,8
31 - Manutenção e limpeza dos isoladores.	358,94	6	59,8
38 - Gerar índices de serviço, comparar com anteriores e fazer análises de tendências.	114,64	2	57,3

Continua na página seguinte …

Tabela 5.39 - (Continuação).

Característica	Imp. Técnica	Dif. Implem.	Benef./ Custo
52 - Quem atende, sabe ou tem acesso rápido à informação que o cliente quer saber.	222,23	4	55,6
24 - Estudar continuamente os pontos críticos.	109,24	2	54,6
19 - Monitorar com rigor o tempo de vida previsível dos equipamentos antigos.	101,23	2	50,6
2 - Supressores de sobretensões (Zn O).	246,77	5	49,4
17 - Base de informação sobre cada componente.	97,23	2	48,6
65 - Classificar clientes e definir política de actuação para cada segmento em função dos custos da não qualidade fornecida.	192,88	4	48,2
16 - Tecnologias com menor impacto sobre a qualidade da energia.	94,94	2	47,5
64 - Disponibilizar ferramentas de simulação e optimização de consumos (on-line e a pedido).	92,71	2	46,4
21 - Inspecção termográfica dos equipamentos e linhas.	132,59	3	44,2
5 - Potência dos P.T.´s.	174,94	4	43,7
40 - Soluções de geração distribuída junto de processos altamente críticos.	331,71	8	41,5
4 - Comprimento das linhas de BT.	204,77	5	41,0
22 - Maior redundância na alimentação	284,94	7	40,7
70 - Aplicar descontos em função da quantidade.	76,13	2	38,1
57 - Instituir como norma, mecanismos de medição da qualidade de desempenho dos colaboradores.	144,23	4	36,1
68 - Estabelecer alianças estratégicas e vender outros serviços em parceria.	71,88	2	35,9
3 - Sistemas pára-raios.	139,94	4	35,0
8 - Adaptar infra-estruturas à produção independente.	174,94	5	35,0
58 - Processar as informações recolhidas com rapidez e divulgar índices de desempenho individual e colectivo regularmente.	104,88	3	35,0
71 - Reduzir o preço da potência contratada.	69,77	2	34,9
28 - UPS´s para cargas críticas e p/ suprir micro-cortes onde sejam altamente críticos.	241,94	7	34,6
27 - Dispositivos de protecção com abertura e rearme automático mais rápidos.	176,77	7	25,3
18 - Substituir equipamentos obsoletos.	145,94	6	24,3
26 - Torçadas MT semi-isoladas.	175,94	8	22,0
72 - Suportar todos os custos até ao contador.	81,13	4	20,3
6 - Sistemas automáticos de regulação de tensão.	174,77	9	19,4
23 - Enterrar linhas de transporte e distribuição.	193,77	10	19,4
60 - Instituir sistema de gratificações para os desempenhos exemplares.	53,06	3	17,7
33 - Maiores barreiras de acessos a todo o equipamento de T & D.	49,94	3	16,6
14 - Sistemas com a função dupla de filtragem harmónica e correcção do factor de potência.	69,28	5	13,9
15 - Transformadores com auto-cancelamento de algumas harmónicas.	69,94	7	10,0

Na Tabela 5.40 apresenta-se ainda a mesma informação, mas agora seriada por ordem decrescente da sua relação benefício/custo e organizada em torno dos domínios de abstracção anteriormente referidos.

Tabela 5.40 - Ordenação das características com base na sua relação benefício/custo e agrupada em torno dos domínios do produto/serviço.

1. Características referentes à Qualidade da Onda	Imp. Técnica	Dif. Implem.	Benef./ Custo
9 - R.Q.S. com os deveres e direitos de fornecedores e clientes bem explícitos.	571,94	1	571,9
7 - Políticas de ligação com base em critérios de qualidade.	212,94	1	212,9
12 - Classificar e catalogar clientes poluidores.	350,94	4	87,7
10 - R.S.I.U.E.E. tem em conta novas realidades.	86,28	1	86,3
11 - Monitorar e registar todos os parâmetros da qualidade fornecida.	317,24	4	79,3
1 - Reforço de linhas sobrecarregadas.	297,23	4	74,3
13 - Supressores de sobretensões (Zn O) ao nível cliente individual.	129,13	2	64,6
2 - Supressores de sobretensões (Zn O).	246,77	5	49,4
16 - Tecnologias com menor impacto sobre a qualidade da energia.	94,94	2	47,5
5 - Potência dos P.T.´s.	174,94	4	43,7
4 - Comprimento das linhas de BT.	204,77	5	41,0
3 - Sistemas pára-raios.	139,94	4	35,0
8 - Adaptar infra-estruturas à produção independente.	174,94	5	35,0
6 - Sistemas automáticos de regulação de tensão.	174,77	9	19,4
14 - Sistemas com a função dupla de filtragem harmónica e correcção do factor de potência.	69,28	5	13,9
15 - Transformadores com auto-cancelamento de algumas harmónicas.	69,94	7	10,0

Continua na página seguinte …

2. Características referentes à Continuidade do Serviço	Imp.	Dif.	Benef./
	Técnica	Implem.	Custo
41 - Sensibilizar eficientemente os clientes sobre os seus deveres e responsabilidades.	136,94	1	136,9
34 - Suportes de nidificação das cegonhas ao lado dos postes de AT.	377,77	3	125,9
37 - SGI divulga em tempo real a situação do momento.	244,94	2	122,5
25 - Fazer "benchmarking" de situações nos pontos (e equipamentos) críticos para outros semelhantes.	115,88	1	115,9
32 - Manutenção da envolvente.	303,77	3	101,3
36 - Informação do terreno chega com rapidez ao serviço de planeamento.	283,69	3	94,6
20 - Programar devidamente as interrupções.	163,94	2	82,0
30 - Menores tempos de reparação e recolocação em serviço.	311,77	4	77,9
29 - Melhor MTBF.	305,94	4	76,5
39 - Plano de actuação de emergência em cada segmento em função da criticidade dos processos.	290,94	4	72,7
42 - Transferência de tecnologias clássicas para tecnologias "Ride Through"	127,71	2	63,9
35 - Trabalhos em tensão	308,94	5	61,8
31 - Manutenção e limpeza dos isoladores.	358,94	6	59,8
38 - Gerar índices de serviço, comparar com anteriores e fazer análises de tendências.	114,64	2	57,3
24 - Estudar continuamente os pontos críticos.	109,24	2	54,6
19 - Monitorar com rigor o tempo de vida previsível dos equipamentos antigos.	101,23	2	50,6
17 - Base de informação sobre cada componente.	97,23	2	48,6
21 - Inspecção termográfica dos equipamentos e linhas.	132,59	3	44,2
40 - Soluções de geração distribuída junto de processos altamente críticos.	331,71	8	41,5
22 - Maior redundância na alimentação	284,94	7	40,7
28 - UPS´s para cargas críticas e p/ suprir micro-cortes onde sejam altamente críticos.	241,94	7	34,6
27 - Dispositivos de protecção com abertura e rearme automático mais rápidos.	176,77	7	25,3
18 - Substituir equipamentos obsoletos.	145,94	6	24,3
26 - Torçadas MT semi-isoladas.	175,94	8	22,0
23 - Enterrar linhas de transporte e distribuição.	193,77	10	19,4
33 - Maiores barreiras de acessos a todo o equipamento de T&D.	49,94	3	16,6

3. Características referentes à Qualidade Comercial	Imp.	Dif.	Benef./
	Técnica	Implem.	Custo
43 - Manual de ética da empresa para com o cliente.	399,94	1	399,9
54 - Utilizar as potencialidades da Internet para informar os clientes sobre tudo o que estes possam querer saber.	244,28	1	244,3
45 - Garantir por escrito a fiabilidade do produto/serviço.	210,41	1	210,4
47 - Com base nos registos, assumir responsabilidades sem rodeios.	188,41	1	188,4
73 - Dar uma grande ênfase à formação interna e à sensibilização para as novas realidades do sector.	275,23	2	137,6
55 - Envio de mensagens automáticas para listas de clientes especiais via e-mail, BIP, WAP ou GSM.	273,23	2	136,6
53 - Divulgar eficientemente as interrupções programadas.	243,23	2	121,6
48 - Linhas de acesso gratuito 800… em quantidade suficiente.	215,64	2	107,8
51 - Auscultar e visitar periodicamente os clientes.	420,69	4	105,2
50 - Relacionamento directo e eficiente com o cliente.	204,64	2	102,3
46 - Acesso do cliente aos seus registos.	96,36	1	96,4
67 - Web-site apelativo e eficiente orientado por regiões e para segmentos.	96,41	1	96,4
44 - Interiorizar o conceito de cliente interno e estimular a concorrência interna.	88,71	1	88,7
61 - Exteriorizar o esforço interno para a melhoria dos índices da qualidade de serviço global.	86,84	1	86,8
59 - Responsabilizar de forma consequente os colaboradores pelo seu desempenho e contacto directo com o cliente.	240,69	3	80,2
62 - Estabelecer metas de liberalização internas, criando sub-sectores com gestão independente e por objectivos.	293,64	4	73,4
49 - E-Mail sempre disponível e com resposta muito rápida.	145,41	2	72,7
56 - Interface com o cliente é efectuado por pessoas com formação técnica e humana adequadas.	217,88	3	72,6
63 - Criar gabinetes Técnicos de consultoria/auditoria.	429,23	6	71,5
66 - Atribuir um gestor a cada grupo de clientes.	278,53	4	69,6
69 - Divulgar política tarifária por todos os meios disponíveis.	68,16	1	68,2
52 - Quem atende, sabe ou tem acesso rápido à informação que o cliente quer saber.	222,23	4	55,6
65 - Classificar clientes e definir política de actuação para cada segmento em função dos custos da não qualidade fornecida.	192,88	4	48,2
64 - Disponibilizar ferramentas de simulação e optimização de consumos (on-line e a pedido).	92,71	2	46,4
70 - Aplicar descontos em função da quantidade.	76,13	2	38,1
57 - Instituir como norma, mecanismos de medição da qualidade de desempenho dos colaboradores.	144,23	4	36,1
68 - Estabelecer alianças estratégicas e vender outros serviços em parceria.	71,88	2	35,9
58 - Processar as informações recolhidas com rapidez e divulgar índices de desempenho individual e colectivo regularmente.	104,88	3	35,0
71 - Reduzir o preço da potência contratada.	69,77	2	34,9
72 - Suportar todos os custos até ao contador.	81,13	4	20,3
60 - Instituir sistema de gratificações para os desempenhos exemplares.	53,06	3	17,7

5.8 Conclusões da aplicação do QFD

As principais conclusões emergentes da aplicação do QFD ao sector eléctrico nacional foram sendo relatadas junto de cada secção, onde pareceram oportunas, através de pequenas sínteses e comentários críticos. Achamos no entanto importante efectuar aqui um resumo das mais valias decorrentes da aplicação do QFD a este sector.

Apesar de este trabalho não estar ainda validado (etapa descrita no Capítulo 6), parece-nos que o conjunto das soluções e recomendações encontradas, que resultam:

- Da imagem que foi sendo criada com a vivência dos problemas dos clientes, captada através das visitas às instalações e realização das entrevistas para o *Estudo sobre o Panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal*, a *recolha das vozes* e *questionário Kano*, e também da nossa sensibilidade como clientes deste sector;
- Do conteúdo explícito e implícito nas vozes recolhidas nas entrevistas, da sua tradução semântica e sucessivos desdobramentos dessa informação;
- Dos resultados emergentes da aplicação do KJ sobre os requisitos;
- Dos resultados emergentes do estudo de Kano;
- Do novo conceito de produto/serviço e de empresa emergente de todo o trabalho desenvolvido;

podemos concluir que as soluções e recomendações encontradas fornecem um conjunto valioso de directivas para as empresas do sector (sobretudo as envolvidas no transporte, distribuição e relacionamento com os clientes), possuem um elevado potencial para endereçar de forma eficaz a satisfação e/ou capacidade de exceder as expectativas para a totalidade dos clientes, ou para as especificidades de cada segmento de mercado em particular.

Neste âmbito, damos especial ênfase à informação contida nas seguintes tabelas:

- Tabela 5.15 (página 202) - Agrupamento dos requisitos em torno das classificações dominantes e segundo o seu grau de importância relativa decrescente, para a totalidade dos clientes;
- Tabela 5.26 (página 219) - Domínios estratégicos para a totalidade dos clientes;
- Tabela 5.35 (página 233) - Quarto 2 da Casa da Qualidade, que apresenta o desdobramento da função qualidade em recomendações específicas e quantificadas, em cada dimensão do produto e do serviço;
- Tabelas 5.38 e 5.39 (página 246 e 247) - Determinação da relação benefício/custo para cada característica; que permite evidenciar as áreas onde é estrategicamente mais eficiente concentrar esforços numa primeira fase de implementação das soluções.

Mas, é sobretudo a informação contida na Tabela 5.40 da página 248, com a ordenação das características – soluções e recomendações – segundo a sua relação benefício/custo e agrupadas em torno dos domínios do produto/serviço, que constitui a síntese final e ***a maior mais valia*** da aplicação do QFD ao sector eléctrico.

6

Validação das soluções encontradas com a aplicação do QFD

Resumo

Neste capítulo descreve-se a metodologia utilizada para validação das soluções encontradas com a aplicação do QFD ao sector da energia eléctrica.

6.1 Introdução

Tradicionalmente a metodologia de validação das soluções encontradas com a aplicação do QFD, a um determinado produto e/ou serviço, consiste na construção de um protótipo do mesmo que integre o maior número possível dos requisitos identificados com o estudo. O protótipo assim obtido constitui, teoricamente, uma amostra o mais adequada possível às necessidades e expectativas dos seus utilizadores, destinando-se esta posteriormente a ser apresentada a um conjunto seleccionado de clientes caracterizados por possuírem uma elevada exigência e conhecimento relativamente ao produto/serviço em análise. Pretende-se dessa forma avaliar, com a maior eficácia possível, qual a capacidade que o novo produto/serviço, possui para causar satisfação e/ou exceder as expectativas dos clientes.

Como não é possível para este caso particular – o fornecimento de energia eléctrica – construir um protótipo (à semelhança do que é efectuado para produtos tradicionais), devido à natureza do produto, âmbito do processo e devido também ao facto de algumas das recomendações deste estudo (enunciadas na Tabela 5.35) estarem já em fase de implementação, quando da realização da validação; mas necessitarem de um período de concretização demorado e incompatível com os prazos de conclusão deste trabalho, a forma encontrada para concretizar este objectivo consistiu na utilização de um questionário, onde se apresentavam os requisitos e características que o novo produto/serviço deveriam possuir, ou seja, um *protótipo conceptual*.

Desde a fase de recolha das vozes dos clientes até à de validação das soluções, decorreu um período de cerca de um ano, e durante este tempo ocorreram grandes evoluções no sector eléctrico nacional. Como foi já referido, algumas das recomendações já se encontravam em fase de implementação pelas entidades responsáveis, pelo que, quando da aplicação do questionário

de validação, auscultámos o panorama da *satisfação "actual"*, num cenário bastante diferente daquela que deu origem à captura dos requisitos. Como principais factores impulsionadores destas evoluções, contribuíram, o processo de liberalização e de reestruturação em curso no sector eléctrico nacional, a implementação de recomendações da União Europeia, da Entidade Reguladora do Sector Eléctrico e da Direcção Geral da Energia e a adopção de uma nova postura das empresas do sector para se adaptarem às novas realidades e para a necessidade de se aproximarem dos clientes. Mas também, as contribuições facultadas com o desenvolvimento deste trabalho, através da cedência a responsáveis da EDP dos relatórios intercalares dos estudos que iam sendo efectuados (apresentados nas Tabelas do Capítulo 5), nomeadamente:

1. O Estudo sobre o Panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal;

2. As tabelas com os requisitos do produto/serviço ordenados segundo o seu nível de importância relativa para os clientes domésticos, industriais e totalidade dos clientes;

3. As tabelas de tradução semântica das vozes em requisitos;

4. A lista das características do produto/serviço emergentes da construção da Casa da Qualidade.

Podemos assim afirmar que o desenvolvimento deste trabalho decorreu num período extremamente fértil em transformações no sector eléctrico nacional, que continuam a um ritmo acelerado, e contribuiu também para as mesmas através das medidas atrás referidas. A etapa de validação, aqui descrita, permitiu auscultar e captar uma imagem do sector referente à sua situação no mês de Março de 2001.

Para a concretização deste objectivo foram executadas as seguintes etapas:

1ª Definição do "protótipo" do produto/serviço e elaboração do questionário;
2ª Escolha de uma amostra de clientes para efectuar a validação;
3ª Aplicação do questionário;
4ª Processamento das respostas;
5ª Extracção de conclusões.

Nas páginas seguintes efectua-se uma descrição sucinta de cada uma destas.

6.2 Definição do protótipo do produto/serviço

Como constatámos com a análise efectuada na secção 5.6.1, apesar de se observarem algumas diferenças no perfil das exigências (e no posicionamento dos requisitos) para os clientes dos sectores doméstico (residencial e dos pequenos serviços) e industrial, concluímos na secção 5.6.2 que elas não justificavam o desenvolvimento de estratégias independentes para cada um dos segmentos em estudo. Assim, para efeitos da validação dos resultados obtidos, considerámos também a existência de apenas um protótipo para todos os clientes, tendo este sido definido a partir das seguintes fontes de informação:

- Tabela 5.23, que integra os requisitos do produto/serviço identificados para a totalidade dos clientes;
- Tabela 5.32, que apresenta o conceito dominante de empresa encontrado;

- Tabela 5.35, que descreve as recomendações concretas, as unidades de medida e as especificações a atingir para cada uma das características do produto/serviço.

Como vimos no Capítulo 5, para que o produto energia eléctrica e os serviços com ele relacionados possuam capacidade para satisfazer e/ou exceder as expectativas da totalidade dos clientes, estes devem integrar o conjunto dos requisitos identificados com o estudo, que se apresentam na Tabela 5.23. Essa informação é transcrita na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Requisitos em torno dos domínios estratégicos do produto/serviço.

- ***Domínio estratégico 1*** - *Continuidade de serviço e qualidade da onda*

1.1 Reduzir o número de cortes e a sua duração.

1.2 Programar e sempre que possível pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vão efectuar.

1.3 Perante boas condições atmosféricas garantir que a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda.

1.4 Disponibilizar melhor qualidade para o sector urbano e rural.

- ***Domínio estratégico 2*** - *Transparência no relacionamento com o cliente*

2.1 Assumir sem rodeios a responsabilidade pelos custos da não qualidade fornecida.

2.2 Dar mais garantias por escrito ao cliente.

2.3 Os direitos e deveres de ambas as partes devem estar explícitos no contrato de fornecimento de energia.

2.4 Implementar mecanismos de prova relacionados com a qualidade do produto e serviço que prestam (monitorização e registo de todos os eventos).

- ***Domínio estratégico 3*** - *Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico*

3.1 A garantia de qualidade na energia é condição essencial para a implantação de alguns novos clientes!

3.2 Responder com rapidez aos pedidos de novos serviços.

3.3 Permitir a rápida abertura a concorrentes e que as leis do mercado levem à introdução natural de melhorias, incluindo no preço.

3.4 É fundamental inverter o sentido de degradação progressiva na qualidade do serviço a que se tem vindo a assistir nos últimos tempos.

- ***Domínio estratégico 4*** - *Cultura de empresa (tem por base a obsessão pelo cliente)*

4.1 A empresa deve disponibilizar meios para que os clientes possam manifestar eficientemente as suas exigências.

4.2 Quando o cliente não tem razão, a empresa deve dar explicações esclarecedoras e objectivas.

4.3 Todo o colaborador contactado assume sempre a responsabilidade pela condução do processo que leva à resolução do problema do cliente.

4.4 Devem existir mecanismos de responsabilização efectiva de cada colaborador pelo seu desempenho.

4.5 O interface com o cliente possui formação técnica adequada para poder entender, resolver e/ou conduzir os problemas de forma rápida.

4.6 A empresa deve tomar a iniciativa de auscultar as opiniões dos clientes sobre o produto e o serviço fornecidos.

4.7 A empresa deve mostrar ao cliente que este é muito importante e que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.

Continua na página seguinte …

4.8 O que o cliente manifesta precisar é mais importante do que o que está estipulado nas normas.

4.9 A empresa deve divulgar com eficácia a sua política comercial.

4.10 Rigor na informação - quem atende o cliente sabe o que se passa no "terreno" e disponibiliza a informação correcta e actualizada sobre a situação real do momento.

4.11 Descer ao "terreno", efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.

4.12 Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.

- ***Domínio estratégico 5*** *- Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente*

5.1 Dispor de gabinete técnico para efectuar auditorias energéticas e consultoria efectiva para apoio técnico na melhor exploração das instalações.

5.2 Disponibilizar ferramentas de simulação para que o cliente possa optimizar a gestão dos seus consumos energéticos.

- ***Domínio estratégico 6*** *- Diminuição do custo total do produto/serviço*

6.1 Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela empresa.

6.2 O preço deve ser mais baixo e devem aplicar descontos progressivos em função da quantidade de energia consumida.

6.3 O custo da potência contratada deve ser muito inferior (se possível ser abolido!)

- ***Domínio estratégico 7*** *- Segmentar o mercado*

7.1 Segmentar o mercado em face da criticidade e das diferentes exigências de qualidade dos clientes.

7.2 Disponibilizar atendimento eficiente e permanente para clientes especiais e segmentos mais exigentes.

- ***Domínio estratégico 8*** *- Diversificar a prestação de serviços*

8.1 Utilizar as sinergias da empresa para vender outros serviços em parceria.

O questionário de validação (que representa o protótipo do produto/serviço) era constituído por duas partes, uma para a validação dos requisitos e outra para a validação do novo conceito de empresa.

Parte 1: Validação dos requisitos encontrados para o produto/serviço

Como vimos no Capítulo 5, a segunda fase da aplicação do QFD (ver secção 5.6.3) teve por objectivo identificar os **comos** (soluções técnicas) para implementar os **quês** (requisitos) que os clientes desejam ver integrados no novo produto/serviço. É portanto aos requisitos que os clientes são sensíveis e são naturalmente estes que têm que ser validados.

Tendo por base a informação apresentada na Tabela 6.1, foi elaborado o questionário apresentados no **Anexo P** (Parte 1), de onde se extraiu o excerto apresentado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Excerto do questionário de validação das soluções.

Domínio 1. Continuidade do serviço e qualidade na onda de tensão

	Requisitos no produto/serviço ↓	**Coluna 1.** Satisfação com a situação actual					**Coluna 2.** Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada				
		Extremamente insatisfeito.	Insatisfeito	Alguma satisfação	Muito satisfeito	Encantado	Muito menos satisfeito	Menos satisfeito	Satisfação idêntica	Mais satisfeito	Muito mais satisfeito
1.1	No prazo de 2 anos os índices relativos ao número de cortes e à sua duração, para as indústrias de processo contínuo, serão reduzidos para 50% dos valores actuais.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1.2	Passar de imediato a programar e pré-avisar, de forma eficiente, as intervenções e/ou os cortes que vão efectuar para a totalidade das situações previsíveis.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1.3	Perante boas condições atmosféricas, garantir que a potência contratada está sempre disponível e com qualidade na onda de tensão.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1.4	No prazo de 4 anos, os índices de qualidade de serviço nos meios urbano e rural são idênticos aos dos meios industriais.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Como pode observar-se pela tabela anterior, tendo por base a informação de cada um dos requisitos enunciados na Tabela 6.1 e as características e especificações apresentadas na Tabela 5.35, no questionário era formulada uma frase que integrava os aspectos essenciais do requisito, onde se inquiria a seguinte informação:

- *Na Coluna 1:* O índice de *Satisfação do cliente para com a situação actual* relativamente a cada requisito;
- *Na Coluna 2:* O índice de *Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada,* com a implementação das recomendações do estudo enunciadas na Tabela 5.35.

Observação:

Este modo de validação das soluções constitui uma abordagem cuja eficácia pode ser discutível. Mas foi, depois de ponderadas as poucas alternativas, a melhor forma encontrada para efectuar a **validação possível**. Independentemente do protótipo conceptual, mais ou menos elaborado, ou mais ou menos suportado na implementação de algumas das soluções encontradas, só a vivência e a experimentação real do novo produto/serviço pelos clientes permitiria efectuar a validação das soluções com maior rigor, e no sentido tradicional da expressão. Mas, como foi atrás referido, tal era impossível nesta fase.

A tabela seguinte explicita as ponderações associadas a cada uma das diferentes alternativas de resposta em cada das colunas do questionário de validação, apresentado na tabela 6.2.

Tabela 6.3 - Ponderações atribuídas às diferentes alternativas em cada grupo de respostas.

Ptos.	**Satisfação actual**
1	Extremamente insatisfeito
2	Insatisfeito
3	Alguma satisfação
4	Muito satisfeito
5	Encantado

Ptos.	**Percepção de satisfação futura**
-2	Muito menos satisfeito
-1	Menos satisfeito
0	Satisfação idêntica
1	Mais satisfeito
2	Muito mais satisfeito

Observação:

As alternativas de resposta para a *percepção de satisfação futura em face da evolução indicada* (coluna 2), constituem uma auscultação da percepção de aumento do índice de satisfação (ou de percepção de melhoria) da situação futura relativamente à situação actual, podendo esta receber uma classificação *nula* (percepção de satisfação futura *idêntica* à satisfação actual), *positiva* (percepção de satisfação futura *superior* à satisfação actual) ou *negativa* (percepção de satisfação futura *inferior* à satisfação actual).

Parte 2: Validação do novo conceito de empresa

O novo conceito de empresa, emergente da aplicação da metodologia de Pugh (ver secção 5.6.3), é sintetizado pelo slogan:

Utilidade efectiva sem preocupações.

integrando os seguintes vectores:

1. O cliente actual não adquire um produto ou um serviço, mas **paga para fruir um bem sem preocupações**;

2. Todos os aspectos relacionados com o fornecimento desse produto e/ou serviço são **da exclusiva responsabilidade** do fornecedor, que se deve preocupar com **todos** os aspectos envolvidos;

3. É fundamental que o produto e/ou serviço recebidos possuam **capacidade de gerar o maior valor acrescentado** para cada actividade (a melhor relação benefício/custo) e possuam capacidade para causar elevada satisfação e/ou se possível exceder as expectativas do cliente!

No questionário era então integrada uma questão com vista a auscultar qual o *grau de aceitação e de concordância dos clientes com este novo conceito*, numa escala classificativa de 1 a 5, com classificações entre o ***1.*** *Discordo totalmente* e o ***5.*** *Concordo totalmente*.

Tabela 6.4 - Validação do novo conceito de empresa.

"Utilidade efectiva sem preocupações"

A minha opinião acerca do novo conceito de empresa é a seguinte:

Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo bastante	Concordo totalmente
☐	☐	☐	☐	☐

6.3 Escolha de uma amostra de clientes para efectuar a validação

Para efectuar a validação das soluções houve, como em todas as etapas anteriores do trabalho, uma grande preocupação em auscultar clientes sensíveis aos temas em discussão e que considerássemos relativamente bem informados sobre o funcionamento do sector eléctrico e as transformações que este atravessa na actualidade. Este procedimento teve por objectivo recolher um conjunto de respostas que fossem representativas do índice de satisfação que o novo produto/serviço proporcionaria nos clientes.

A amostra foi assim constituída por:

- Alguns dos clientes que colaboraram na realização do estudo preliminar, referido em 5.2, e posteriormente na fase de recolha de vozes e no estudo de Kano;
- Clientes dos sectores considerados mais críticos para com a qualidade da energia eléctrica na actualidade (Indústria Electrónica, Indústria de Moldes, Indústria Automóvel, Têxtil, Vidro, Cimenteiro, Pasta e Papel, Bancos, Hospitais, etc.);
- Clientes industriais localizados em regiões onde se tem observado um maior número de reclamações (Leiria, Marinha Grande, Águeda, S. João da Madeira, Braga, Vila do Conde, Porto, Setúbal, …);
- Um número considerável de clientes do sector residencial e dos pequenos serviços.

A amostra teve um total de 123 elementos, distribuídos da seguinte forma:

- 40 clientes do sector residencial e dos pequenos serviços,
- 52 clientes do sector industrial,
- 31 clientes dos sector dos serviços.

6.4 Aplicação do questionário

Os questionários foram expedidos por via postal no dia 9 de Março de 2001. Até ao dia 10 de Abril de 2001 foram recebidas 58 respostas (47% dos questionários expedidos), com a seguinte distribuição por segmento de clientes:

- 22 respostas de clientes do sector residencial e pequenos serviços (55% de respostas aos questionários enviados),
- 25 respostas de clientes do sector industrial (48% de respostas aos questionários enviados),
- 11 respostas de clientes do sector dos serviços (35% de respostas aos questionários enviados).

Para a auscultação de alguns clientes residenciais, foi necessária a deslocação às suas residências ou locais de trabalho, a fim de com o nosso auxílio, captar a suas percepções, por estes considerarem difícil interpretar algumas das questões colocadas no questionário.

6.5 Processamento das respostas com análise crítica

Os resultados da contagem dos questionários apresentados, por segmento de clientes e para a totalidade das respostas, encontram-se no **Anexo P** (Partes 2 a 5).

Para a extracção de conclusões, efectuámos dois tipos de análises:

- Uma *análise agregada de toda a informação (todos os requisitos) para a totalidade dos clientes*, descrita na subsecção 6.5.1.
- Uma *análise segmentada* relativa ao impacto das soluções e recomendações sobre os domínios estratégicos *para cada um dos segmentos de mercado*, descrita na subsecção 6.5.2.

6.5.1 Análise agregada de toda a informação

Com base na informação de síntese apresentada no **Anexo P** (Parte 2) e nos agrupamentos de requisitos apresentados na Tabela 6.1, construiu-se a Tabela 6.5. Nesta, o valor da *média* (colunas da direita) para as situações actual e futura, e para cada um dos requisitos, representa a média ponderada das respostas a cada um dos requisitos (tendo em conta as ponderações descritas na Tabela 6.3), em função do perfil das respostas nas diferentes opções classificativas. Por exemplo, a média com o valor de 2,84 pontos para a *satisfação com a situação actual* da implementação do requisito 1.1, significa uma resposta conjunta ao requisito situada entre o *insatisfeito* e *alguma satisfação*, estando esta mais próxima da segunda opção classificativa (ver Tabela 6.3).

O valor da *média das médias*, colocado em destaque na base da coluna das médias, permite efectuar uma comparação semelhante à efectuada para cada requisito individualmente e para cada situação (actual e futura), mas neste caso por *domínio estratégico*.

De forma idêntica para o requisito 1.1, o valor de 1,41 pontos para a *satisfação futura em face da evolução indicada*, significa uma *percepção de melhoria positiva*, que somada ao *índice da satisfação actual* (2,84 + 1,41 = 4,25) nos permite estimar o ***índice de satisfação futura*** de **4,25** pontos (para este requisito específico), estando este situado entre as classificações de *muito satisfeito* (4,0 pontos) e a de *encantado* (5,0 pontos) (ver Tabela 6.3).

Uma análise e raciocínio idêntico ao descrito para este requisito específico é adiante efectuada, para todos os domínios estratégicos e para a totalidade dos requisitos.

Na Tabela 6.5 destacam-se ainda (a negrito) para cada dos requisitos, a classificação dominante atribuída pela totalidade dos clientes.

Tabela 6.5 - Síntese das respostas da totalidade dos clientes ao questionário.

Domínio estratégico 1: Continuidade de serviço e qualidade da onda

Satisfação com a situação actual

	1	2	3	4	5	Média
1.1	3	23	17	10	5	2,84
1.2	2	15	13	28		3,16
1.3	1	10	24	17	6	3,29
1.4	9	24	24		1	2,31
					Média das médias	2,90

Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada

	-2	-1	0	1	2	Média
1.1				34	24	1,41
1.2			10	24	24	1,24
1.3				37	21	1,36
1.4			7	35	16	1,16
					Média das médias	1,29

Domínio estratégico 2: Transparência no relacionamento com o cliente

Satisfação com a situação actual

	1	2	3	4	5	Média
2.1	25	6	5	16	6	2,52
2.2	22	8	13	9	6	2,47
2.3	17	1	20	20		2,74
2.4	25	11	11	11		2,14
					Média das médias	2,47

Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada

	-2	-1	0	1	2	Média
2.1				16	42	1,72
2.2				36	22	1,38
2.3			13	24	21	1,14
2.4				28	30	1,52
					Média das médias	1,44

Domínio estratégico 3: Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico

Satisfação com a situação actual

	1	2	3	4	5	Média
3.1	2	28	21	7		2,57
3.2	1	8	33	16		3,10
3.3	2	33	3	10	10	2,88
3.4	1	12	23	20	2	3,17
					Média das médias	2,93

Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada

	-2	-1	0	1	2	Média
3.1			6	46	6	1,00
3.2		5	6	38	9	0,88
3.3				34	24	1,41
3.4			1	44	13	1,21
					Média das médias	1,13

Continua na página seguinte …

Domínio estratégico 4: Cultura de empresa (tem por base a obsessão pelo cliente)

Satisfação com a situação actual

	1	2	3	4	5	Média
4.1	20	10	11	16	1	2,45
4.2	17	6	20	14	1	2,59
4.3	7	25	11	15		2,59
4.4	7	2	32	17		3,02
4.5	6	12	23	17		2,88
4.6	30	7	6	14	1	2,12
4.7	3	24	20	11		2,67
4.8	11	21	13	13		2,48
4.9	1	10	28	18	1	3,14
4.10	18	13	15	11	1	2,38
4.11	18	10	20	14	1	2,74
4.12	6	6	36	10		2,86
					Média das médias	2,66

Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada

	-2	-1	0	1	2	Média
4.1				34	24	1,41
4.2			15	18	25	1,17
4.3			2	36	20	1,31
4.4			5	27	26	1,36
4.5			15	18	25	1,17
4.6			3	31	24	1,36
4.7			6	38	14	1,14
4.8			13	30	14	1,00
4.9			8	37	13	1,09
4.10			5	26	27	1,38
4.11			5	22	31	1,45
4.12			1	33	24	1,40
					Média das médias	1,27

Domínio estratégico 5: Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente

Satisfação com a situação actual

	1	2	3	4	5	Média
5.1	26	10	13	4	5	2,17
5.2	17	19	13	4	5	2,33
					Média das médias	2,25

Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada

	-2	-1	0	1	2	Média
5.1		1	5	27	25	1,31
5.2		1	9	16	32	1,36
					Média das médias	1,34

Domínio estratégico 6: Diminuição do custo total do produto/serviço

Satisfação com a situação actual

	1	2	3	4	5	Média
6.1	21	15		16	6	2,50
6.2	13	13	17	9	6	2,69
6.3	14	4	18	12	10	3,00
					Média das médias	2,73

Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada

	-2	-1	0	1	2	Média
6.1				24	34	1,59
6.2		9	5	27	17	0,90
6.3	5	8	5	18	22	0,76
					Média das médias	1,08

Domínio estratégico 7: Segmentar o mercado

Satisfação com a situação actual

	1	2	3	4	5	Média
7.1	12	11	21	14		2,64
7.2	7	19	11	21		2,79
					Média das médias	2,72

Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada

	-2	-1	0	1	2	Média
7.1	1		2	27	28	1,40
7.2	1		1	27	29	1,43
					Média das médias	1,41

Domínio estratégico 8: Diversificar a prestação de serviços

Satisfação com a situação actual

	1	2	3	4	5	Média
8.1	1	14	39	4		2,79
					Média das médias	2,79

Percepção de satisfação futura em face da evolução indicada

	-2	-1	0	1	2	Média
8.1	1		17	21	19	0,98
					Média das médias	0,98

◆ Análise do impacto das soluções encontradas sobre cada domínio estratégico

Com base na informação da média das médias apresentada em destaque na Tabela 6.5, construímos a Tabela 6.6 onde se apresenta na coluna 2, o índice de satisfação com a situação actual e na coluna 3, o índice de percepção de melhoria futura em face da evolução indicada, que constitui um indicador da *percepção de melhoria* em cada domínio estratégico.

Tabela 6.6 - Impacto das soluções encontradas sobre o índice de satisfação actual em cada domínio estratégico do produto/serviço.

Domínios estratégicos	Satisfação com a situação actual	Percepção de melhoria futura em face da evolução indicada
Domínio 1. Continuidade de serviço e qualidade da onda	2,90	1,29
Domínio 2. Transparência no relacionamento com o cliente	2,47	1,44
Domínio 3. Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico	2,93	1,13
Domínio 4. Cultura de empresa (tem por base a obsessão pelo cliente)	2,66	1,27
Domínio 5. Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente	2,25	1,34
Domínio 6. Diminuição do custo total do produto/serviço	2,73	1,08
Domínio 7. Segmentar o mercado	2,72	1,41
Domínio 8. Diversificar a prestação de serviços	2,79	0,98

O *índice de percepção de melhoria futura* (coluna 3), constitui assim um indicador que permite evidenciar – para a totalidade dos clientes – os domínios estratégicos onde as soluções encontradas possuem maior eficácia (ou maior capacidade de aumentar o seu nível de satisfação relativamente à situação actual). Assim, se como já referimos atrás, encararmos esse índice como um diferencial (positivo ou negativo) sobre o *índice de satisfação com a situação actual*, podemos inferir (ou "extrapolar") que o ***índice de satisfação futuro*** alcançável – em cada domínio estratégico – resulta da soma do ***índice de satisfação actual*** com o ***índice de percepção de melhoria futura***. Na coluna 4 da Tabela 6.7 apresentam-se esses valores, com a informação ordenada por ordem decrescente da ***percepção de melhoria futura em face da evolução indicada***.

Observação:

Esta operação de adicionar um ***índice de percepção de melhoria futura*** ao ***índice de satisfação actual*** pode parecer pouco consistente. Mas, adiantamos que constituiu uma grande preocupação, logo desde a fase de concepção do questionário, a forma como poderíamos explicitar numa escala idêntica a satisfação actual (objectiva!) e a satisfação futura (estimada). As alternativas de resposta para cada das situações, bem como as ponderação atribuídas (apresentadas na Tabela 6.3), pretendem ter em conta exactamente estes pressupostos.

Para concluir esta observação resta-nos afirmar que, estimativas são sempre estimativas, e esta foi a forma encontrada que nos pareceu exequível e mais rigorosa para o fim em causa.

Tabela 6.7 - Impactos das soluções encontradas por ordem decrescente da *percepção de melhoria futura* em cada domínio estratégico do produto/serviço (para todos os clientes).

Domínios estratégicos	Satisfação com a situação actual	Percepção de melhoria futura em face da evolução indicada	Índice de satisfação futuro
Domínio 2. Transparência no relacionamento com o cliente	2,47	1,44	3,91
Domínio 7. Segmentar o mercado	2,72	1,41	4,13
Domínio 5. Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente	2,25	1,34	3,59
Domínio 1. Continuidade de serviço e qualidade da onda	2,90	1,29	4,19
Domínio 4. Cultura de empresa (tem por base a obsessão pelo cliente)	2,66	1,27	3,93
Domínio 3. Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico	2,93	1,13	4,06
Domínio 6. Diminuição do custo total do produto/serviço	2,73	1,08	3,81
Domínio 8. Diversificar a prestação de serviços	2,79	0,98	3,77
Médias das colunas ➔	2,69	1,26	3,95

A partir da tabela anterior podemos concluir que:

- A implementação dos requisitos em torno do domínio estratégico 2 *(Transparência no relacionamento com o cliente)* constitui a área onde as soluções encontradas possuem uma maior capacidade de melhoria da satisfação dos clientes (1,44 pontos). Contudo, o *índice de satisfação futura* (3,91 pontos) não é o mais elevado do "ranking" devido a este domínio possuir um *índice de satisfação actual* bastante baixo (2,47 pontos), situando-se este entre a *insatisfação* e a *alguma satisfação* (ver Tabela 6.3).
- Em segundo lugar surge o domínio estratégico 7 *(Segmentar o mercado)* também com um índice de *percepção de satisfação futura* bastante elevado (1,41 pontos), e com um índice de *satisfação actual* (2,72 pontos) mais próximo da *alguma satisfação*. O *índice de satisfação futura* (4,13 pontos) é dos mais elevados do "ranking" devido ao valor mais elevado do *índice de satisfação com a situação actual*.
- O domínio 5 *(Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente)* situa-se em terceiro lugar no "ranking". Apesar da *percepção de melhoria futura* ser de 1,34 pontos, o *índice de satisfação futura* é bastante baixo, pelo facto de se partir de uma *situação actual* de muito baixa satisfação (2,25 pontos), correspondendo a um índice muito próximo da *insatisfação*.
- O domínio estratégico 1 *(Continuidade de serviço e qualidade da onda)* surge em quarto lugar, estando a satisfação actual (2,90 pontos) muito próxima da *alguma satisfação* e a percepção de satisfação futura nos 1,29 pontos, o que permite estimar um *índice de satisfação futuro* de 4,19 pontos (acima da classificação de *muito satisfeito).*
- O domínio estratégico 4 *(A cultura da empresa tem por base a obsessão pelo cliente)* apesar de ser aquele em que foram identificados mais requisitos atraentes, surge em quinto lugar, muito próximo da posição classificativa atribuída pelos clientes aquando da realização do questionário de Kano. Na sequência do esforço despendido pela equipa de

trabalho para encontrar soluções que contribuíssem com eficácia para a melhoria deste domínio estratégico, e das acções já em curso na implementação de muitas das mesmas pelas entidades envolvidas, esperávamos obter um uma *percepção de melhoria* e de *índice de satisfação futuro* mais elevados para este domínio estratégico. Esta baixa classificação, relativa, pode dever-se ao facto de este domínio apresentar ainda há dois anos um índice elevado de insatisfação[25], sendo esse devido essencialmente à situação de monopólio, de alguma prepotência e da pouca necessidade de dar mais atenção aos clientes, pois não existiam alternativas; o que se encontra ainda presente na memória de muitos clientes e constitui um factor com algum peso nas suas respostas.

- O domínio estratégico 3 *(Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico)* surge em sexto lugar, mas com o *índice de satisfação actual* de 2,93 pontos, mais elevado de todos os domínios estratégicos em análise. Este dado pode ter como explicação o facto de os clientes considerarem que globalmente as empresas do sector eléctrico estão sensibilizadas para as novas realidades e que consideram a melhoria da qualidade como um factor imperativo para a retenção dos clientes actuais e angariação de novos.
- O domínio estratégico 6 *(Diminuição do custo total do produto/serviço)* surge em sétimo lugar com o *índice de satisfação actual* de 2.73 pontos, muito próximo do índice de *alguma satisfação* e a *percepção de melhoria futura* com 1,13 pontos, o que permite inferir um *índice de satisfação futuro* de 3,81 pontos, próximo da classificação de *muito satisfeito*. A contribuir para este posicionamento poderá estar o facto de nos dois últimos anos se ter assistido a uma descida real média de 11,6 % nos preços da electricidade ([ERSE, 2000], página 1), que constitui um elemento indutor de satisfação nos clientes, mas ainda assim considerado insuficiente.
- O domínio estratégico 8 *(Diversificar a prestação de serviços)* surge em oitavo lugar sobretudo devido ao facto de a sua classificação actual ser das mais elevadas de todos os domínios em análise. A acção conjunta de um elevado nível de satisfação para com a situação actual e o baixo índice de *percepção de melhoria da satisfação futura* levam a que o seu *índice de satisfação futuro* seja o menor do "ranking". Como explicações para este facto, podemos referir que para além de a empresa ter já diversificado a prestação de serviços e de estar envolvida no fornecimento de outros a breve prazo, estes são também disponibilizados por outras empresas do mercado e não constituem um factor com uma forte influência e capacidade de causar um elevado *índice de satisfação futura*, no contexto da distribuição de electricidade.

[25] Evidenciado com o *"Estudo sobre o Panorama da Qualidade da Energia Eléctrica em Portugal"*, realizado em 1999 e apresentado no Anexo C.

Assim, tendo em conta a análise anterior, podemos concluir que:

1. No período em que foi efectuada a validação das soluções encontradas ou do "protótipo" definido (Março de 2001), o *índice médio de satisfação* dos clientes para com todos os requisitos identificados para o produto/serviço que eram disponibilizados nessa altura pela distribuidora, situava-se nos 2,69 pontos, estando este portanto entre a *insatisfação* (2,0) e *alguma satisfação* (3,0), mais próximo da segunda.
2. O impacto das soluções encontradas com a aplicação do QFD, traduzidas nas recomendações enunciadas na Tabela 5.35, permite estimar um *índice de percepção de melhoria da satisfação futura*, média, de 1,26 pontos, e inferir um *índice de satisfação futuro*, médio, de 3,95 pontos, situado-se este muito próximo do *muito satisfeito*.
3. O impacto global das soluções encontradas sobre este sector, caracterizado por uma elevada complexidade, permite assim, e no nosso entender, um bom incremento médio do nível de satisfação relativamente à situação actual.

◆ Análise do impacto das soluções para cada um dos requisitos

Na Tabela 6.8 apresentam-se os índices de impacto das soluções encontradas sobre cada um dos requisitos do produto/serviço, estando esta informação organizada por ordem decrescente da sua *percepção de melhoria futura*.

Podemos constatar que os requisitos que surgem nas dez primeiras posições, coincidem genericamente com os evidenciados no estudo de Kano (Tabela 5.14) e com estrutura emergente da aplicação do KJ sobre os requisitos (Tabela 5.10), onde se evidenciaram as características mais importante no produto/serviço, como:

- A melhoria da fiabilidade do produto e do serviço.
- A diminuição do custo e do serviço
- A obsessão pelo cliente.

É de realçar que com a validação constatamos novamente, e em conformidade com o que havia sido já evidenciado com o estudo de Kano (ver secção 5.6), que os clientes deixam para o fim das prioridades as questões relacionadas com os custos (requisitos 6.2 e 6.3), que surgem nas últimas posições da Tabela 6.8, à excepção do requisito 6.1, que surge na segunda posição.

É de referir ainda que, ao contrário do evidenciado pelo aplicação do KJ sobre os requisitos, os clientes valorizam a *segmentação do mercado* como uma solução com elevado potencial e *índice de satisfação futura*, facto este evidenciado pelas posições (quinta e décima) que os requisitos 7.2 e 7.1 ocupam na Tabela 6.8.

Tabela 6.8 - Impacto das soluções encontradas no índice de *satisfação com a situação actual*, para cada requisito do produto/serviço, ordenadas por ordem decrescente da *percepção de melhoria futura*.

Ordem	Requisito	Descrição sucinta do requisito	Satisfação com a situação actual	Percepção de melhoria futura em face da evolução indicada	Índice de satisfação futuro
1.	2.1	Assumir a responsabilidade pelos custos da não qualidade.	2,52	1,72	4,24
2.	6.1	Todas as infra-estruturas até ao contador são suportadas pela distribuidora.	2,50	1,59	4,09
3.	2.4	Implementar mecanismos de prova da qualidade que fornecem.	2,14	1,52	3,66
4.	4.11	Efectuar visitas às instalações e dialogar com os clientes.	2,74	1,45	4,19
5.	7.2	Atendimento mais eficiente e permanente para segmentos mais exigentes.	2,79	1,43	4,22
6.	1.1	Reduzir o número de cortes e a sua duração.	2,84	1,41	4,25
7.	3.3	Permitir a rápida abertura à concorrência.	2,88	1,41	4,29
8.	4.1	Melhores meios para que os clientes possam manifestar as suas exigências	2,45	1,41	3,86
9.	4.12	Dar muito maior atenção ao relacionamento da empresa com os clientes.	2,86	1,40	4,26
10.	7.1	Segmentar em face da criticidade dos clientes	2,64	1,40	4,04
11.	2.2	Dar mais garantias por escrito ao cliente.	2,47	1,38	3,85
12.	4.10	Rigor na informação - disponibilizar a informação correcta sobre a situação real do momento.	2,38	1,38	3,76
13.	1.3	Com boas condições atmosféricas garantir fiabilidade e qualidade na onda.	3,29	1,36	4,65
14.	4.4	Instituir mecanismos de responsabilização de cada colaborador pelo seu desempenho.	3,02	1,36	4,38
15.	4.6	Auscultar os clientes sobre a sua satisfação para com o produto e serviço fornecidos.	2,12	1,36	3,48
16.	5.2	Ferramentas de simulação para optimizar a gestão dos consumos energéticos.	2,33	1,36	3,69
17.	4.3	Colaboradores assumem sempre a condução do processo que leva à resolução do problema.	2,59	1,31	3,90
18.	5.1	Gabinete técnico para auditorias energéticas e consultoria para apoio na melhor exploração das instalações.	2,17	1,31	3,48
19.	1.2	Programar e pré-avisar, de forma eficiente, das intervenções e/ou dos cortes que vão efectuar.	3,16	1,24	4,40
20.	3.4	Inverter o sentido de degradação progressiva na qualidade do serviço a que se tem vindo a assistir nos últimos tempos.	3,17	1,21	4,38
21.	4.2	Dar sempre explicações esclarecedoras e objectivas.	2,59	1,17	3,76
22.	4.5	Colaboradores possuem formação técnica para poder entender e resolver os problemas de forma rápida.	2,88	1,17	4,07
23.	1.4	Melhor qualidade para o sector urbano e rural.	2,31	1,16	3,47
24.	2.3	Os direitos e deveres das partes devem estar explícitos no contrato de fornecimento de energia.	2,74	1,14	3,88
25.	4.7	Mostrar ao cliente que todo o serviço é estruturado para o satisfazer.	2,67	1,14	3,81
26.	4.9	Divulgar com eficácia a sua política comercial.	3,14	1,09	4,23
27.	3.1	A qualidade é condição essencial para a captação de alguns novos clientes.	2,57	1,00	3,57
28.	4.8	O que o cliente manifesta é mais importante do que o que está estipulado nas normas.	2,48	1,00	3,48
29.	8.1	Vender outros serviço em parceria.	2,79	0,98	3,77
30.	6.2	Preço inferior e aplicar descontos progressivos em função da quantidade.	2,69	0,90	3,59
31.	3.2	Responder com maior rapidez.	3,10	0,88	3,98
32.	6.3	Custo da potência contratada ser muito inferior (se possível ser abolido!)	3,00	0,76	3,76
		Médias ➔	2,69	1,26	3,95

Relativamente ao requisito que surge em último lugar na Tabela 6.8 *(6.3 - O custo da potência contratada ser muito inferior, se possível ser abolido!)*, um número significativo de clientes, **31%** dos inquiridos, consideram que a implementação desta medida (recomendação) pode apresentar algum perigo, uma vez que o não pagamento da taxa de potência contratada pode levar a problemas muito sérios de gestão do sistema e de dificuldades acrescidas para a garantia dos padrões de qualidade e fiabilidade.

A figura 6.1 mostra o perfil dos índices de satisfação com a situação actual, apresentando, como vimos atrás (Tabela 6.8) um valor médio de 2,69 pontos.

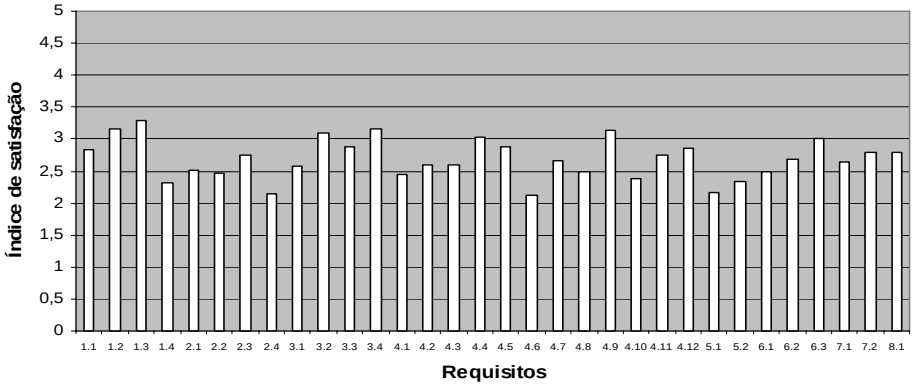


Figura 6.1 - Índices de satisfação com a situação actual em cada dos requisitos.

Na figura 6.2, apresenta-se o perfil dos índices de percepção de melhoria futura em cada um dos requisitos e em face da evolução indicada, apresentando, como vimos atrás, um valor médio (positivo) de 1,26 pontos.

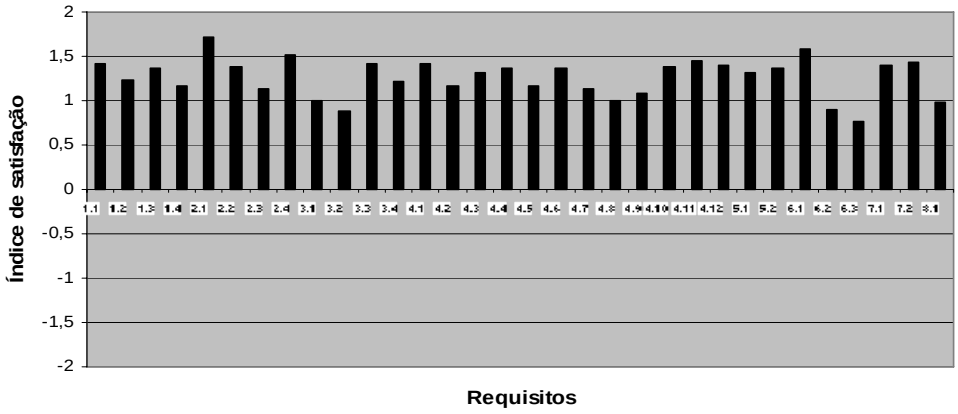


Figura 6.2 - Índices de percepção de melhoria futura em cada dos requisitos.

A figura 6.3 sintetiza os resultados da validação. O índice médio da satisfação futura (estimado) é, como vimos atrás, de 3,95 pontos.

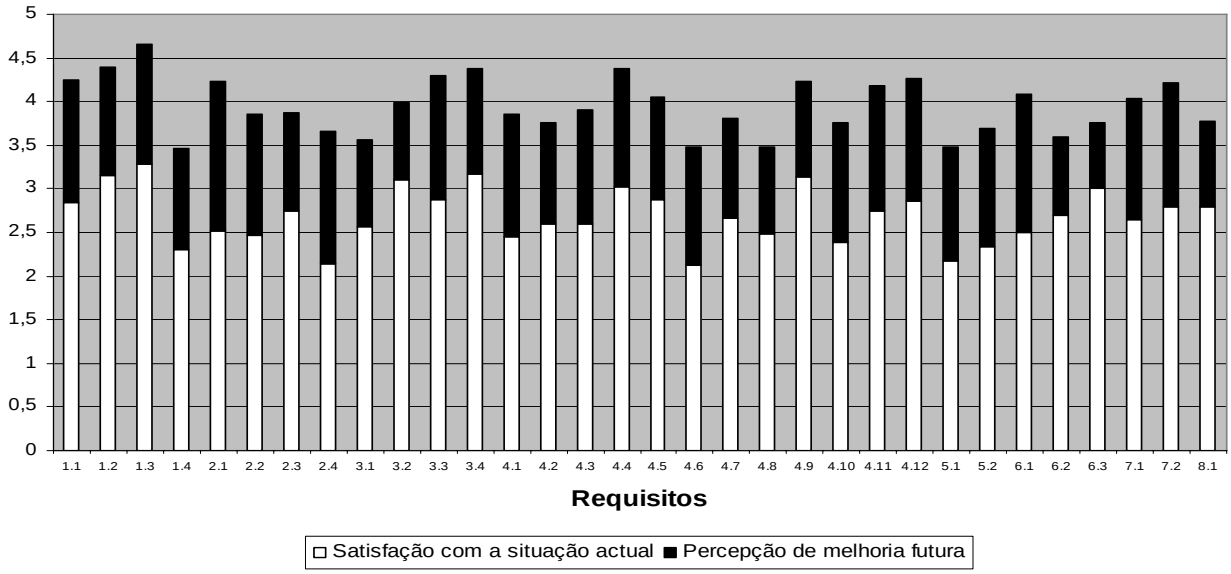


Figura 6.3 - Representação do impacto das soluções encontradas sobre o índice de satisfação actual dos clientes (para todos os requisitos).

◆ Validação do novo conceito de empresa para a totalidade dos clientes

Utilidade efectiva sem preocupações.

Perante o novo conceito de empresa encontrado, "Utilidade efectiva sem preocupações", a opinião da totalidade dos clientes é francamente positiva, como pode observar-se na tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Opinião da totalidade dos clientes acerca do novo conceito de empresa.

Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo bastante	Concordo totalmente
			56 %	44 %

Existem 56 % dos clientes que concordam bastante e 44 % que concordam totalmente com o novo conceito, sendo a média ponderada das respostas de **4,43** pontos (na escala de 1 a 5 pontos).

6.5.2 Análise por segmento de mercado e por domínio estratégico

Com o objectivo de tornar sucinta a apresentação dos resultados processados por segmento de mercado e por domínio estratégico, e uma vez que toda essa informação é apresentada em

detalhe no **Anexo P** (Partes 3 a 5), apresentam-se nesta subsecção apenas as tabelas de síntese com as classificações atribuídas *por segmento de mercado e por domínio estratégico*, de forma idêntica ao que foi efectuado na Tabela 6.7 para a totalidade dos clientes.

◆ Segmento de clientes do sector residencial

Tabela 6.10 - Análise por domínio estratégico, para os clientes do sector residencial, ordenada por ordem decrescente da *percepção de melhoria futura*.

Domínios estratégicos	Satisfação com a situação actual	Percepção de melhoria futura em face da evolução indicada	Índice de satisfação futuro
Domínio 7. Segmentar o mercado	2,25	1,89	4,14
Domínio 5. Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente	1,52	1,61	3,13
Domínio 1. Continuidade de serviço e qualidade da onda	2,76	1,56	4,32
Domínio 2. Transparência no relacionamento com o cliente	2,57	1,49	4,06
Domínio 4. Cultura de empresa (tem por base a obsessão pelo cliente)	2,11	1,47	3,58
Domínio 8. Diversificar a prestação de serviços	2,45	1,23	3,68
Domínio 6. Diminuição do custo total do produto/serviço	2,00	1,15	3,15
Domínio 3. Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico	2,58	1,13	3,71
Médias das colunas ➔	2,28	1,44	3,72

Tabela 6.11 - Opinião dos clientes residenciais acerca do novo conceito de empresa.

Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo bastante	Concordo totalmente
			77 %	23 %

A partir das tabelas anteriores podemos concluir que:

Globalmente os clientes do sector residencial manifestam uma *percepção de melhoria futura* de 1,44 pontos, mais elevada que a da média da totalidade dos clientes (1,24 pontos). Em termos de medidas com maior impacto, este sector manifesta em primeiro lugar as relacionadas com o domínio 7 *(Segmentar o mercado)*, com o índice de percepção de satisfação futura mais elevado de todos os domínios para estes clientes (1,89 pontos). Esta classificação faria mais sentido para os clientes de sectores mais críticos e exigentes, não sendo à partida conhecida uma explicação para esta classificação por este sector (tendo em conta os requisitos que integram este domínio). Pelo facto de este sector considerar o custo total do produto/serviço elevado (através de uma classificação da satisfação actual referente ao domínio estratégico 6 muito baixa (2,0 Pontos), talvez vejam nas medidas em torno do domínio estratégico 5 *(Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico aos clientes)* uma possível forma de racioná-los e daí surgir este domínio classificado em segundo lugar. Relativamente à opinião dos clientes residenciais acerca do novo conceito de empresa, 77 % concordam bastante e 23 % concordam totalmente, sendo a média ponderada de 4,22 pontos.

◆ Segmento de clientes do sector industrial

Tabela 6.12 - Análise por domínio estratégico, para os clientes do sector industrial, ordenadas por ordem decrescente da *percepção de melhoria futura*.

Domínios estratégicos	Satisfação com a situação actual	Percepção de melhoria futura em face da evolução indicada	Índice de satisfação futuro
Domínio 2. Transparência no relacionamento com o cliente	2,86	1,41	4,27
Domínio 5. Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente	2,60	1,24	3,84
Domínio 4. Cultura de empresa (tem por base a obsessão pelo cliente)	2,90	1,22	4,12
Domínio 7. Segmentar o mercado	2,80	1,18	3,98
Domínio 3. Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico	3,16	1,14	4,30
Domínio 1. Continuidade de serviço e qualidade da onda	2,93	1,11	4,04
Domínio 6. Diminuição do custo total do produto/serviço	3,05	1,09	4,14
Domínio 8. Diversificar a prestação de serviços	3,64	0,84	4,48
Médias das colunas ➔	3,00	1,15	4,15

Tabela 6.13 - Opinião dos clientes industriais acerca do novo conceito de empresa.

Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo bastante	Concordo totalmente
			40 %	60 %

A partir tabelas anteriores podemos concluir que:

Os clientes do sector industrial manifestam globalmente uma *percepção de melhoria futura* de 1,15 pontos, inferior à da média da totalidade dos clientes (1,24 pontos). Este facto revela que a sua satisfação actual (3,00) é mais elevada que a da média da totalidade dos clientes (talvez porque disponham de mais qualidade e melhores serviços) e que a sua *percepção de melhoria futura* (1,15 pontos) é inferior à da totalidade dos clientes (1,24 pontos), provavelmente por conhecerem melhor o processo e terem maior noção de algumas dificuldades. Em termos de medidas com maior impacto, este sector manifesta em primeiro lugar as relacionadas com o domínio 2 *(Transparência no relacionamento com o cliente)* com o índice de percepção de satisfação futura mais elevado de todos os domínios para estes clientes (1,41 pontos), revelando este dado que melhorias neste domínio são efectivamente bem vindas pelos industriais. Em segundo lugar surge o domínio 5 *(Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico aos clientes)*, possuindo este também uma das percepções de satisfação futura mais elevada do "ranking" de domínios em análise (1,24). O domínio 4 *(Cultura de empresa tem por base a obsessão pelo cliente)* parte de uma situação de satisfação actual razoável, 2,90 pontos, mas as medidas propostas permitem um aumento significativo do índice de satisfação futuro (4,12 pontos), acima do nível de *muito satisfeito*. O domínio 7 *(Segmentar o mercado)* surge em quarto lugar, não constituindo este posicionamento qualquer surpresa, devido às características do sector em causa.

O domínio 8 *(Diversificar a prestação de serviços)* apesar de apresentar a *percepção de melhoria futura* mais baixa de todos os domínios, possui o *índice mais elevado de satisfação futuro*, pelo facto de este segmento revelar neste domínio o mais elevado *índice de satisfação para com a situação actual* (3,64 pontos); o que demonstra que se encontra já muito satisfeito relativamente ao seu estado. Relativamente à opinião acerca do novo conceito de empresa, 60% concordam totalmente com o novo conceito e 40% dos clientes industriais concordam bastante, sendo a média ponderada de 4,60 pontos a mais elevada dos sectores em estudo.

◆ Segmento de clientes do sector dos serviços

Tabela 6.14 - Análise por domínio estratégico, para os clientes do sector dos serviços, ordenada por ordem decrescente da *percepção de melhoria futura*.

Domínios estratégicos	Satisfação com a situação actual	Percepção de melhoria futura em face da evolução indicada	Índice de satisfação futuro
Domínio 2. Transparência no relacionamento com o cliente	3,11	1,41	4,52
Domínio 1. Continuidade de serviço e qualidade da onda	3,11	1,18	4,29
Domínio 3. Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico	3,11	1,09	4,20
Domínio 5. Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente	2,91	1,00	3,91
Domínio 7. Segmentar o mercado	3,45	1,00	4,45
Domínio 4. Cultura de empresa (tem por base a obsessão pelo cliente)	3,23	0,91	4,14
Domínio 6. Diminuição do custo total do produto/serviço	3,35	0,91	4,26
Domínio 8. Diversificar a prestação de serviços	3,36	0,82	4,18
Médias das colunas ➔	3,20	1,04	4,24

Tabela 6.15 - Opinião dos clientes do sector dos serviços acerca do novo conceito de empresa.

Discordo totalmente	Discordo	Concordo	Concordo bastante	Concordo totalmente
			55 %	45 %

A partir das tabelas anteriores podemos concluir que:

Os clientes do sector dos serviços manifestam uma *percepção de melhoria futura* de 1,04 pontos, muito inferior à da média da totalidade dos clientes (1,24), no entanto o índice de satisfação futura é elevado, devido ao índice de satisfação com a situação actual (3,20). Isto pode significar que estes clientes estão relativamente satisfeitos com a situação actual e apenas um pouco mais satisfeitos com a situação futura, constituindo este segmento de mercado aquele em que se verifica uma reacção mais contida às melhorias decorrentes das soluções encontradas. Em termos de medidas com maior impacto, este sector manifesta em primeiro lugar as relacionadas com o domínio 2 *(Transparência no relacionamento com o cliente)*, com um índice de percepção de satisfação futura mais elevado de todos os domínios para estes clientes (1,41), manifestando

este facto que melhorias neste domínio são efectivamente valorizadas pelos clientes do sector dos serviços. Em segundo lugar surge o domínio 1 *(Continuidade de serviço e qualidade da onda)*, possuindo um índice de satisfação actual de 3,11 pontos e um *índice de percepções de melhoria futura* de 1,18 pontos. Relativamente à opinião acerca do novo conceito de empresa, 55% dos clientes do sector dos serviços concordam bastante e 45% concordam totalmente, sendo a média ponderada de **4,45** pontos.

◆ Tabela comparativa das melhorias apercebidas por domínio estratégico e por segmento de mercado.

A tabela seguinte contém uma síntese de toda a informação analisada, destacando as médias dos *índices de percepção de melhoria da satisfação futura* para os diferentes segmentos de mercado em estudo, bem como para a totalidade dos clientes.

Tabela 6.16 - *Índices de percepção de melhoria da satisfação futura* por domínio estratégico e por segmento de mercado, para a totalidade dos clientes.

		Residencial	Industrial	Serviços	Todos
1º	Dom. 2. Transparência no relacionamento com o cliente.	1,49	1,41	1,41	1,44
2º	Dom. 7. Segmentar o mercado.	1,89	1,18	1,00	1,41
3º	Dom. 5. Disponibilizar aconselhamento/apoio técnico ao cliente.	1,61	1,24	1,00	1,34
4º	Dom. 1. Continuidade de serviço e qualidade da onda.	1,56	1,11	1,18	1,29
5º	Dom. 4. Cultura de empresa (tem por base a obsessão pelo cliente).	1,47	1,22	0,91	1,27
6º	Dom. 3. Considerar a qualidade um vector crucial para o sector eléctrico.	1,13	1,14	1,09	1,13
7º	Dom. 6. Diminuição do custo total do produto/serviço.	1,15	1,09	0,91	1,08
8º	Dom. 8. Diversificar a prestação de serviços.	1,23	0,84	0,82	0,98
	Média das melhorias apercebidas por cada segmento ➔	1,44	1,15	1,04	1,24

A partir da informação da *média das melhorias percebidas por cada segmento*, podemos constatar que estas são mais elevadas respectivamente para os clientes do sector residencial (1,44 pontos), para os clientes do sector industrial (1,15 pontos) e para os clientes do sector dos serviços (1,04 pontos), com uma média para a totalidade dos clientes de 1,24 pontos.

6.6 Conclusões globais da validação das soluções

Perante todos os dados recolhidos com os questionários de validação das soluções encontradas com a aplicação do QFD, podemos concluir que:

- A transparência no relacionamento com o cliente, o segmentar o mercado, o disponibilizar aconselhamento técnico/apoio, o garantir mais qualidade e fiabilidade e o implementar uma política que tenha por base a obsessão pelo cliente, constituem factores com maior importância do que a dimensão preço;
- Pela análise das Tabelas 6.8 e 6.16, e figura 6.3, podemos concluir que, apesar de o reconhecimento pelos clientes não constituir um salto surpreendente, em termos dos *índices de percepção de melhoria e dos índices de satisfação futura*, a implementação das soluções encontradas apresentam impactos positivos sobre todos os requisitos, sendo o valor médio de 1,26 pontos, o mínimo de 0,76 para o requisito 6.3, e o máximo de 1,72 para o requisito 2.1;
- Apesar da melhoria muito significativa da satisfação, o esforço de implementação das soluções encontradas, e detecção de novas áreas de melhoria, deve constituir um objectivo permanente. Como vemos na Tabela 6.7, o *índice médio de satisfação futuro* situa-se nos 3,95 pontos, muito próximo da classificação de *muito satisfeito*. Mas, até se atingir o nível de *encantamento* (5,0 pontos), há ainda um longo caminho de melhoria contínua a percorrer, que se baseia na implementação das soluções encontradas, para que *estas sejam efectivamente sentidas pelos clientes*, e então aí sim se possa efectuar a *validação real* do impacto deste trabalho e da aplicação do QFD ao sector eléctrico português.

Considera-se assim que as soluções e recomendações encontradas com o trabalho descrito no Capítulo 5 são adequadas aos objectivos que nos propúnhamos atingir: "A obtenção de um produto/serviço com capacidade para satisfazer e/ou exceder as expectativas da totalidade dos clientes" e deve, portanto, ser dada continuidade à sua implementação.

7

Conclusões e trabalho futuro

Tendo por objectivo central contribuir para a melhoria do desempenho do sistema de fornecimento de energia eléctrica em Portugal, através da procura de soluções eficazes para a sua melhor adequação às necessidades e expectativas dos clientes, foi delineada uma orientação de investigação e plano de trabalho assentes nos princípios da Gestão da Qualidade Total e na aplicação de ferramentas evoluídas de Gestão da Qualidade, cujos desenvolvimentos e resultados são apresentados nesta dissertação. A partir do trabalho desenvolvido, das soluções encontradas e da sua validação, pode tirar-se um vasto conjunto de conclusões agrupáveis em torno dos seguintes domínios:

- Constatação das grandes transformações, em termos organizacionais e de inovação tecnológica, por que passa o sector eléctrico na actualidade;
- Contribuições que nos possibilitam traçar um retrato detalhado relativamente aos factores com maior relevância no sector eléctrico nacional, e identificação de áreas onde é estrategicamente mais eficiente actuar (e/ou intensificar a actuação) de modo a melhorar o desempenho do sector eléctrico e reforçar a sua adequação face às necessidades dos clientes;
- Comparação das soluções encontradas com as evoluções observadas no sector eléctrico nacional durante os últimos três anos.

Analisamos em seguida cada das vertentes que integram estes domínios, os futuros desenvolvimento deste trabalho e as linhas de investigação a prosseguir.

7.1 Grandes transformações em curso no sector eléctrico

Chegados a este ponto podemos afirmar – com profundo conhecimento de causa – que o sector eléctrico se encontra efectivamente a atravessar um período de grandes transformações, cuja abrangência e intensidade são muito superiores ao que era por nós inicialmente suposto. Estas fazem-se sentir sobretudo em duas áreas, a das transformações organizacionais e a da inovação tecnológica.

As razões apontadas nos capítulos iniciais têm efectivamente provocado nos últimos anos grandes modificações na organização e funcionamento tradicional do sector eléctrico. Estas têm vindo a manifestar-se sob a forma de sucessivas etapas com vista à sua liberalização,

constituindo o seu principal objectivo contribuir para que este sector possa dar uma melhor resposta às novas exigências do mercado. Porém, todas as medidas encetadas nesse sentido constituem simultaneamente as maiores fontes de perturbação, pois têm vindo a alterar radicalmente as normas que têm regulado o sector eléctrico nas últimas décadas e a provocar, inclusive, alguma incerteza sobre a sua eficácia a longo prazo. A outra área, bem menos controversa, e que tal como as transformações organizacionais constitui um *factor indutor* e uma *consequência* das transformações em curso, é a referente aos avanços tecnológicos observados nos últimos anos. Estes têm-se manifestado na melhoria contínua do desempenho de tecnologias tradicionais, mas sobretudo através de grandes inovações em áreas como a geração distribuída, o armazenamento de energia, os novos componentes de electrónica de potência, o uso de novos materiais, a diversificação das fontes de energia primárias, etc. Um indicador da dinâmica em torno destas áreas é revelado pelo extraordinário aumento do número de organizações com trabalho e interesse nas tecnologias referidas. A maior limitação de algumas delas é ainda o preço, mas este é um aspecto que vai sendo esbatido com o tempo e à medida que se amplia a sua aplicação, sendo de realçar que o preço tem em conta, de forma cada vez mais explícita, os custos evitados ao longo do ciclo de vida das tecnologias. Devido a estes factos, os mercados em torno da *"Power Quality"* e da *"Power Reliability"* constituem actualmente dois dos sectores económicos com índices de crescimento mais elevados.

7.2 Principais conclusões retiradas do trabalho de campo efectuado

A partir da investigação em torno das novas tecnologias ao serviço do sector eléctrico, das informações recolhidas durante o trabalho de campo e das constatações por elas proporcionadas, foi possível ir construindo uma imagem, que neste momento se apresenta com "elevada resolução", relativamente aos factores com maior relevância no sector eléctrico em Portugal, de onde se destacam os aspectos a seguir descritos, contributos desta dissertação para a construção de um retrato emergente da aplicação de ferramentas da qualidade, pioneira no sector.

◆ Realização do estudo preliminar

Após uma profunda investigação em torno da problemática da qualidade no sector da energia eléctrica na actualidade e dos fundamentos da Gestão da Qualidade Total, foi realizado um *estudo preliminar* prospectivo, com o objectivo principal de identificar uma amostra de clientes para a aplicação do QFD. Além de esse objectivo ter sido atingido, o estudo permitiu-nos reconhecer um conjunto de características interessantes sobre o sector eléctrico nacional, no final de 1999, traduzido sucintamente nos seguintes vectores:

1. A auscultação do nível de conhecimentos dos clientes portugueses relativamente às questões mais importantes relacionadas com a problemática da qualidade no sector da energia eléctrica de um modo generalizado revelou a existência de uma grande lacuna de informação científica actualizada no sector;

2. Ausência generalizada de uma cultura de prevenção voltada para a minimização dos inconvenientes decorrentes de perturbações na qualidade na energia eléctrica disponível;

3. Não contabilização de forma precisa e desagregada dos custos atribuíveis aos problemas relacionados com a qualidade da energia eléctrica;
4. Ausência de políticas nacionais organizadas e regulamentadas para o projecto e implantação de instalações caracterizadas por uma elevada exigência em termos de fiabilidade;
5. Baixo nível de penetração de metodologias e tecnologias com vista à maximização da utilidade atingível com a qualidade da energia eléctrica actual.

Estas informações, evidenciadas com a realização do estudo preliminar, viriam a ser depois confirmadas com a aplicação do QFD (nas fases de recolha das vozes dos clientes e posterior processamento dessa informação), posteriormente re-confirmadas na fase de validação das soluções encontradas.

◆ Aplicação da ferramenta QFD

A aplicação da ferramenta QFD ao sector eléctrico nacional assume contornos inovadores no nosso país e pioneira a nível internacional. Esta pautou-se pelo uso de critérios de elevada exigência relativamente à amostra de clientes, por uma ampla abrangência de cobertura do sector (encarando as diferentes dimensões do produto/serviço, *qualidade da onda*, *fiabilidade do fornecimento* e *qualidade comercial*) e pela validação sistemática de todos os resultados intercalares, procurando sempre os melhores interlocutores. Foi assim possível chegar ao seguinte conjunto de contribuições para o sector eléctrico nacional:

1. Identificação dos *requisitos dos clientes*, agrupados numa primeira fase em torno das classificações dominantes (obrigatórios, proporcionais e atraentes) e seriados de acordo com o seu índice de importância relativa, e numa segunda fase em torno de domínios estratégicos de actuação (extraídos das informações facultadas pelos clientes) para a melhoria do produto/serviço, por segmento de mercado e para a totalidade dos clientes;
2. Identificação do *conceito de empresa* que os clientes manifestaram, de forma explícita e implícita querer ver implementado, e que revelou ter por base a premissa de *"Utilidade efectiva sem preocupações";*
3. Identificação de um *conjunto de soluções*, agrupadas em torno das dimensões do produto e do serviço, para implementar os requisitos do cliente, por segmento de mercado e para a totalidade dos clientes;
4. Determinação da *relação benefício/custo para cada solução*, estabelecida com base nas contribuições de alguns dos maiores especialistas nacionais do sector, de modo a permitir obter uma maior eficácia na aplicação de recursos, com vista à melhoria da situação actual;
5. Construção de uma *Casa da Qualidade* para o sector eléctrico nacional com recurso a uma ferramenta informática específica;
6. Divulgação de *novas tecnologias e metodologias ao serviço da qualidade da energia eléctrica*, explanadas nos Capítulos 2 e 3.

◆ Validação das soluções encontradas

Apesar da complexidade do sector em estudo, das transformações que este atravessa e da abrangência do trabalho desenvolvido, pudémos concluir através da validação das soluções encontradas que é possível introduzir grandes melhorias em alguns domínios, mas ainda assim insuficientes para o nível de exigência de um número crescente de clientes. Não é possível elevar a qualidade do serviço geral para os níveis requeridos pelas cargas da nova economia (ver secção 2.3.2), nem tal faria sentido, uma vez que uma parte significativa dos clientes não estaria disposta a pagar o preço que tal implicaria por uma qualidade de serviço de que à partida não necessita. Importa assim combinar melhorias globais no sistema de T&D, no sentido de o adequar ao crescente tráfego e de o modernizar no sentido de que possa suportar os requisitos mínimos de qualidade estabelecidos pelo Regulamento da Qualidade de Serviço, em vigor no nosso país desde 1 de Janeiro de 2001; e em simultâneo, implementar medidas especificamente direccionadas para os clientes com aplicações de elevada criticidade.

Em síntese, podemos pois concluir que a utilização do QFD se revelou adequada aos objectivos que nos propúnhamos atingir – melhoria global da qualidade do serviço disponibilizado pelo sector eléctrico em Portugal –, sendo que as soluções encontradas integram um **conjunto poderoso de directivas** para que as empresas do sector eléctrico (sobretudo as envolvidas no *transporte*, *distribuição* e *relacionamento directo com os clientes*) possam caminhar na direcção da sua satisfação e/ou capacidade para exceder as suas expectativas.

7.3 Comparação das soluções encontradas com a evolução do sector eléctrico nacional

Como foi referido no Capítulo 2, apesar de, com as infra-estruturas de T&D tradicionais nunca poderem ser atingidos os índices de fiabilidade e qualidade exigidos pelas aplicações assentes no microprocessador e nas tecnologias de processamento de informação, têm mesmo assim sido efectuadas melhorias muito significativas no sector eléctrico nacional durante os últimos três anos. Nos próximos parágrafos analisamos de forma sucinta as áreas de maior relevância neste contexto.

Em termos de estrutura, as evoluções observadas são descritas em torno de cada dos *domínios estratégicos de actuação* para a melhoria do produto/serviço.

1. Melhoria na continuidade do serviço e qualidade da onda

Decorrente do processo de liberalização em curso, a separação das actividades de *produção*, *transporte* e *distribuição* de energia eléctrica em empresas autónomas e segundo uma lógica de prestadores de serviços independentes, mas devidamente regulados, tem conduzido a uma melhoria significativa no funcionamento do sector eléctrico nacional. As transformações com maior impacto têm ocorrido ao nível da distribuição, com a transferência crescente de

funções da EDP Distribuição para prestadores de serviços externos qualificados[26], que além da responsabilidade pela implantação de novas instalações e equipamentos, têm hoje também que garantir a sua manutenção a longo prazo com base em contratos que privilegiam a fiabilidade, a qualidade de serviço e a responsabilização pelo cumprimento de cláusulas contratuais consentâneas com os objectivos globais de qualidade a atingir pela organização.

Tem-se verificado também uma forte preocupação com a modernização das infra--estruturas em regiões de maior criticidade. O índice de satisfação dos clientes, captado durante a fase de validação das soluções, e no respeitante a estes aspectos é muito superior ao evidenciado em 1999, quando da realização do estudo preliminar e da recolha de vozes na aplicação do QFD.

2. Empresa mais responsável no relacionamento com o cliente

Decorrente dos estudos conduzidos desde há três anos e da liberalização em curso, é hoje apercebido por uma parte muito significativa de clientes que a empresa com quem se relacionam (EDP Distribuição) está muito diferente. Algumas das medidas concretas neste âmbito são referidas em pontos adiante, mas há a realçar o reconhecimento de que a empresa está mais preocupada com a sua satisfação, proporciona uma relação de maior confiança, visita-os, ausculta as suas necessidades e adopta alguns bons procedimentos de outros sectores.

3. Considerar a qualidade um vector estratégico crucial

Também tem vindo a ser desenvolvido um intenso trabalho em todas as empresas do grupo EDP com vista à alteração da mentalidade bastante *"enraizada"*, de cariz monopolista!, com vista à sensibilização dos seus quadros de que a qualidade constitui, a todos os níveis, uma aposta fundamental da empresa para a sua sobrevivência. Esse trabalho tem sido transposto para o terreno através de programas de sensibilização e formação, dirigidos de forma faseada aos diferentes níveis hierárquicos, envolvendo todos os colaboradores e também os prestadores externos de serviços.

4. Cultura da empresa tendo por base a obsessão pelo cliente

Este aspecto, que reforça o ponto 2. acima referido, coloca o cliente no centro de toda a actividade desenvolvida. As evoluções neste contexto têm consistido na:

- Implementação de uma filosofia de atendimento caracterizada por postura dos colaboradores com maior simpatia, imagem mais cuidada, maior disponibilidade de atendimento e elevada eficácia na resolução dos problemas;
- Criação de um portal na Internet[27] muito apelativo, bem estruturado, de acesso rápido e com informação de grande utilidade para clientes, autarquias, investidores, prestadores de serviços e fornecedores de equipamentos. É hoje possível efectuar neste portal um elevado número de serviços e ter acesso a um grande volume de informação, poupando muito

[26] Estas empresas têm que dar elevada garantia ao contratador. Entre as condições de qualificação incluem-se ser certificadas de acordo com as normas ISO 9000, ter alvará para as obras em causa, ter experiência comprovada, dispor de seguros de responsabilidade civil, acidentes de trabalho e demais obrigações gerais para com o estado [EDP, 2002].

[27] Localizado em http://www.edp.pt.

tempo e esforço aos clientes e aliviando simultaneamente os balcões tradicionais e o sistema de atendimento telefónico. Estas medidas vão ao encontro das aspirações manifestadas pelos clientes durante o desenvolvimento deste trabalho;

- Modernização do sistema de atendimento telefónico *"Call Center"*, através da instalação de uma plataforma informática mais poderosa para o suporte das comunicações, sistema inteligente de gestão das filas de espera, reforço em número de operadoras, selecção mais cuidada do seu perfil, capacidade de aceder com maior eficácia às informações facultadas pelo Sistema de Gestão de Incidentes (SGI)[28];
- Criação da figura *Gestor de Cliente*, que vai ao encontro das aspirações de um grande número de clientes do segmento industrial, muito críticos relativamente a este aspecto durante a etapa de recolha de vozes na aplicação do QFD;
- Estabelecimento de parceria com uma empresa especializada em estudos de satisfação de clientes (*Qmetries*), para monitorização dos níveis alcançados, por forma a acompanhar os efeitos das medidas introduzidas, permitindo um maior controlo da sua implementação e eficácia.

5. Disponibilizar apoio técnico ao cliente

Este item tem sido também alvo de grande preocupação pelo grupo EDP. Tal é colmatado já, em parte, para um grupo significativo de clientes e diversidade de domínios técnicos relacionados com a energia eléctrica e tecnologias associadas, pela informação disponibilizada no portal da EDP. Contudo, a empresa tem objectivos mais ambiciosos neste âmbito e criou em Janeiro de 2001 um gabinete especializado, denominado por **Gabinete de Inovação Tecnológica**, dotado de meios humanos e técnicos, sediado em Coimbra, cujo objectivo é o de, em articulação com os *Gestores de Clientes*, o *sistema de atendimento de reclamações* e o *SGI*, dar resposta a necessidades que envolvam soluções tecnológicas fora do âmbito tradicional. Pretendem no fundo "oferecer" aos clientes com requisitos de alimentação de alta fiabilidade, serviços ainda pouco disseminadas entre nós e que permitem abordar o mercado de elevada criticidade, com base numa filosofia de prestação de serviços de valor acrescentado.

6. Diminuir o custo do serviço

Por imposição de políticas da União Europeia, transpostas para o nosso país pela ERSE, este domínio tem vindo a evidenciar nos últimos anos uma diminuição bastante acentuada dos preços da energia, bem como alterações significativas nos sistemas de tarifário, com vantagens significativas para a maioria dos clientes.

7. Segmentar o mercado

A segmentação do mercado tem vindo também a ser aperfeiçoada pela distribuidora, com a preocupação de disponibilizar uma qualidade de serviço diferenciada para os clientes com maior exigência, e expressão em termos do volume de facturação, e mais adequada às especificidades

[28] O SGI é uma *Intranet* instalada à escala nacional que integra toda a informação relacionada com o sistema de distribuição.

de cada segmento. A criação da figura *Gestor de Cliente*, já referida, bem como as melhorias introduzidas nos sistemas de alimentação em algumas regiões críticas, e a criação de canais de comunicação privilegiados entre o cliente e a empresa (ou o Gestor de Cliente) inserem-se neste âmbito. Um outro aspecto que foi alvo de melhorias significativas é o resultante do uso de novas tecnologias de comunicação com base na Internet, no correio electrónico e na rede GSM, para divulgação de informações gerais, aviso de interrupções programadas e notificação personalizada de alguns eventos para clientes especiais, indo estas medidas também ao encontro dos requisitos por estes manifestados.

8. Diversificar a prestação de serviços

Este domínio, apesar de não ter registado grande sucesso em algumas das apostas feitas pelo grupo EDP, nomeadamente na área das telecomunicações, possui no entanto algumas áreas de elevado agrado para os clientes. Podemos referir neste âmbito acções que constam no estabelecimento de parcerias com empresas que de algum modo complementam a actividade da *EDP Distribuição*, concretizadas em campanhas de divulgação/promoção de produtos que interessam à EDP e apresentam vantagens para os clientes, e de onde se destacam a *campanha EDP Conforto*, para a promoção de sistemas de *acumulação de calor* e de *ar condicionado*, a *campanha de utilização de bicicletas eléctricas*, o *conceito de Ponto de Energia na Internet*, com uma loja virtual que suporta um grande número de serviços, etc.

Além das melhorias referidas, também as empresas responsáveis pela produção, transporte e regulação do sector eléctrico tais como: a Companhia Portuguesa de Produção de Electricidade (CPPE, S. A.), a Rede Eléctrica Nacional (REN, S. A.) e a Entidade Reguladora do Sector Eléctrico (ERSE), possuem hoje portais de grande qualidade, onde disponibilizam importantes informações e indicadores sobre o mais variados índices de desempenho do sector eléctrico nacional.

7.4 Futuros desenvolvimentos

A partir dos resultados alcançados com os trabalhos desenvolvidos nesta dissertação e da eficácia comprovada da aplicação da metodologias de Gestão da Qualidade Total, desenham-se os seguintes cenários de trabalho futuro:

- Aplicação contínua do QFD;
- Acompanhamento permanente da evolução nas tecnologias ao serviço da qualidade da energia eléctrica;
- A necessidade imperativa de difusão de informação relacionada com a problemática da qualidade no sector eléctrico;
- A selecção de instalações piloto para a implementação de projectos de demonstração das metodologias e tecnologias aqui analisadas, com vista à sua posterior disseminação.

7.4.1 Aplicação contínua do QFD

A primeira versão da *Casa da Qualidade* para o sector eléctrico nacional está construída. É agora necessário mantê-la actualizada tendo por base as evoluções do mercado no que respeita a *alterações nos requisitos dos clientes* e *evoluções tecnológicas* que se processam com grande intensidade. Neste contexto, o factor determinante é o do **envolvimento da gestão de topo** responsável pelo sector eléctrico, sobretudo da EDP Distribuição, que deve ter interiorizado e estar efectivamente convicta sobre os benefícios que a aplicação do QFD pode continuar a dar na melhoria do desempenho do sector eléctrico nacional e da sua cada vez maior adequação às necessidades e expectativas dos clientes.

7.4.2 Acompanhamento da evolução nas tecnologias ao serviço do sector eléctrico

Este aspecto é também de fundamental importância para a implementação eficaz do QFD. A evolução em alguns domínios tecnológicos processa-se a um ritmo tão intenso que impõe às empresas um acompanhamento permanente das tendências do mercado e das novas tecnologias disponíveis, de modo a permitir que essas possam ser consideradas entre as alternativas e soluções tecnológicas, a integrar na melhoria das infra-estruturas e/ou na implementação de casos piloto, com vista à confirmação da sua eficácia e posterior disseminação.

7.4.3 Necessidade de difusão eficaz da informação

Esta área constitui, no presente, um ponto nevrálgico e de máxima urgência a colmatar. As acções a desenvolver neste contexto situam-se nos seguintes domínios:

1. *Sensibilização dos organismos governamentais* com responsabilidade no sector, tais como Direcção Geral da Energia (DGE), Associações Profissionais como a Ordem dos Engenheiros (OE) e Associação Portuguesa dos Engenheiros Técnicos (APET), ERSE, etc., no sentido da transposição urgente, para o nosso país, de regulamentação (em vigor nos países mais evoluídos neste domínio) que contemple, de forma rigorosa, a problemática da qualidade no sector da energia eléctrica;
2. *Melhoria dos mecanismos de difusão de informação*, por forma a suprir no mais curto espaço de tempo possível a lacuna de conhecimentos da comunidade em geral e numa primeira fase a directamente envolvida na exploração de instalações eléctricas. Estas acções visam prioritariamente clarificar o que é suposto ser fornecido pelo distribuidor, tendo por base uma abordagem concisa e objectiva, e o que é suposto ser feito pelo cliente para lidar com alguns dos problemas actuais mais significativos. Os resultados de uma acção eficaz neste domínio conduziriam a uma tomada de consciência sobre as causas dos problemas, à redução drástica do número de reclamações e à atenuação da confusão actualmente observada neste âmbito. Para operacionalizar essas acções poderia ser utilizado o portal da EDP Distribuição, juntamente com informação impressa a ser difundida com a factura da energia eléctrica;

3. *Urgente envolvimento das Instituições de Ensino Superior* (e não só!) na disseminação destas matérias, onde deverão ser implementadas acções globais, urgentes!, com vista à inclusão do estudo da problemática da qualidade no sector eléctrico nos *curriculum* dos cursos das engenharias mais directamente envolvidas na distribuição e utilização da energia eléctrica (sobretudo a Electrotécnica, Informática, Mecânica e Electromecânica). Esta acção pode ser concretizada de forma mais ou menos profunda mas, pelo menos, através de uma disciplina semestral para sensibilizar os alunos relativamente aos aspectos essenciais na origem de grande parte dos problemas e, desse modo, aumentar a sua capacidade para os reconhecer e, iniciar a quebra do ciclo evidenciado no desconhecimento destas áreas;
4. *Divulgação das novas tecnologias* ao serviço da qualidade da energia eléctrica que vão surgindo no mercado, para as empresas de maior exigência, em complemento do ponto 2., difundindo, via Internet e através de outros canais, as tecnologias com vantagens para cada sector, fornecendo alguma informação básica e ligações às páginas dos fabricantes e/ou fornecedores, que poderiam também actuar como disseminadores de tecnologias menos poluidoras, mais robustas, mais eficientes, e participar nos custos de desenvolvimento e manutenção desse portal.

7.4.4 Selecção de instalações piloto para implementação de projectos de demonstração

Com vista a intensificar a transferência de informação e a dar visibilidade objectiva às novas tecnologias e metodologias explanadas nesta dissertação, deverão ser seleccionadas instalações industriais (casos piloto) para aplicação, teste e demonstração. Esta selecção deverá ter por base o índice de criticidade para com as perturbações, cujos sectores industriais se encontram devidamente identificados, e deve contemplar acções globais a desenvolver tanto nas instalações dos clientes, como nos sistemas de alimentação. Devem no fundo integrar as três vertentes do problema: 1. melhorias na qualidade de serviço disponibilizada pela distribuidora, 2. minimização das perturbações introduzidas pelas cargas e 3. aumento da robustez dos equipamentos às perturbações.

Pensamos que, concentrando os trabalhos futuros nas quatro vertentes referidas poderão continuar a dar-se saltos significativos na melhoria da adequação da qualidade possível às necessidades da maioria dos clientes e, simultaneamente atender à especificidade dos que possuem exigências especiais, contribuindo em última instância todas estas acções para a melhoria da competitividade da indústria nacional.

7.5 Linhas de investigação futura

Os resultados alcançados com os trabalhos desenvolvidos nesta dissertação são bastante profícuos e estimulam a prossecução de actividades e projectos de investigação nos domínios estudados, nomeadamente em torno de caminhos de pesquisa entreabertos, muito longe de estarem esgotados e com imenso potencial de desenvolvimento no futuro. De entre as várias possíveis linhas de investigação a trabalhar no curto e médio prazo, no seguimento desta dissertação, apontam-se os seguintes domínios em particular, onde se justifica, e impõe, a nosso ver, um estudo permanente e mais aprofundado:

1. Novas tecnologias e metodologias ao serviço do sector eléctrico

- Investigação em torno das novas tecnologias e tendências no âmbito da **geração distribuída** e de todas as sub-áreas com ela relacionadas, nomeadamente: Desenvolvimento de sistemas para a sua integração/acoplamento às cargas e redes de distribuição (através de *"Smart Power Chips"*), contemplando os aspectos da mitigação da distorção harmónica, robustez, compensação activa do factor de potência e capacidade de seguimento da solicitação de carga em tempo real.
- Investigação e desenvolvimento de estratégias com vista ao **aumento da robustez dos equipamentos** receptores às perturbações mais evidenciadas nos sistemas de T&D actuais *("Ride-Through Capability")*, através de:
  - Introdução de inovações nas topologias convencionais;
  - Integração de capacidade de **armazenamento de energia** ao nível dos componentes críticos, equipamentos individuais, instalações e/ou grupo de instalações;
  - Desenvolvimento de UPS com tecnologias amigas do ambiente, baseadas em Super Condensadores para suprir energia durante intervalos de tempo curtos, e Super Condensadores associados a Células de Combustível com armazenamento local de energia sob a forma de hidrogénio, para intervalos de tempo longos;
- Investigação e desenvolvimento de aparelhagem para medição da qualidade da energia eléctrica, de baixo custo, com vista a monitorizar o cumprimento dos níveis de qualidade de serviço estipulados pelo RQS.

2. Ferramentas de Gestão da Qualidade

- Tendo como ponto de partida todo o trabalho já efectuado até aqui, desenvolvimento de um do Modelo Integrado de Excelência e Avaliação da Qualidade para o sector eléctrico (eventualmente com analogias face por exemplo ao Modelo de Excelência da EFQM), com metodologias de validação estatística da sua própria lógica interna e construção de modelos estruturados de equações, a partir do processamento quantitativo dos resultados alcançados através de questionários de auto-avaliação.

8

Referências

[ABB, 2001] ABB; "Dynamic Voltage Restorer", *http://www.abb.com/Global/DVR.htm*, 17 de Junho de 2001.

[Abraham, 2001] Abraham, Spencer; "DOE Awards Capstone Turbine $3M to develop microturbine-powered cooling/heating/power Systems", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com/articles, 13 de Julho de 2001.

[Adams, 2000] Adams, Rod; "For the Rest of US by Rod Adams: Nuclear Confusion, Anti-Nuclear Collusion", *Power Quality Online*, http://www.poweronline.com, 12 de Junho de 2000.

[Adler, 2000] Adler, Peter; "The UNIDRIVE Concept", *Columbia University Publication*, http://www.columbia.edu, 31 de Janeiro de 2000.

[Agostinho, 1995] Agostinho, O. L.; "Integração estrutural do sistema de manufactura como pré-requisito de competitividade", *Tese de Mestrado*, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 1995.

[Akao, 1990] Akao, Yoji; "Quality Function Deployment - Integrating Customer requirements into Product Design", *Yoji Akao Editor, Productivity Press*, Portland USA, 1990, ISBN 0-915299-41-0.

[Almgren, 2001] Almgren, Ake; "Capstone Turbine Completes First Stand-alone 60 kW Microturbine", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 4 de Abril de 2001.

[Aracil, 2001] Aracil, Rafael; "BP Announces a Expansion of Solar Production in Spain", *Press Release of BP Spain*, 21 de Julho de 2001.

[Armistead, 2001] Armistead, Thomas; "Distributed Generation Seeks a Place in the SUN - Maturing technologies bring supply closer to the load", *Engineering News-Records*, http://www.enr.com, 4 de Setembro de 2001.

[Armor, 1998] Armor, Tony; "Proliferation of Small Microgeneration Units", *EPRI Generation Development Publication*, http://www.powerquality.com/news/Novdec98.html, Novembro de 1998.

[Ashton, 2000] Ashton, Linda; "Electricity in A Box", *Science News*, http://dailynews.yahoo.com, Dezembro de 2000.

[Baheti, 2001] Baheti, Arun; "Wireless Technology enlisted to zap California blackouts", *Business Magazine and Media*, http://industryclick.com, 16 de Julho de 2001.

[Baker, 1999] Baker, Bernard *et al.;* "Distributed Generation - Powering Fuel Cells from Waste Methane Gas", *Power Value Magazine*, Issue Nov/Dec 1999, pp. 22-27.

[Balthazar, 2000] Balthazar, Jim; "Advances in Flywheel Energy Storage", *Power Quality Solution from Active Power, http://www.activepower.com*, 8 de Agosto de 2000.

[Banerjee, 2000] Banerjee, Ben, *et al.;* "The Trend and the Benefits of Multi-Energy Services for a New Generation of Industrial and Commercial Customers", *U.I.E. 2000 Conference Proceedings*, Lisbon, 1-4 de Novembro de 2000, pp. 989-999.

[Barnes, 2000] Barnes, Roy; "Southwire Unveils First working Superconducting Power Delivery System", *PR Newswire*, http://www.prnewswire.com, 18 de Fevereiro de 2000.

[Barros, 1999] Barros, Maria Teresa Correia; "A Indústria da Energia Eléctrica, um Sector em Mudança", *Revista Engenium de Fevereiro de 1999*, pp. 34-35.

[Beacon, 2001] Beacon; "A Flywheel Energy Storage System from Beacon Power Corporation", *http://www.beaconpower.com*, 29 de Agosto de 2001.

[Blake, 2000] Blake, John *et al.;* "Be Our Guest: Optical Current Transducers for High Voltage Applications", *Power Online newsletter*, http://www.poweronline.com, 3 de Outubro de 2000.

[Bong, 2001] Bong, Duane; "Microturbines", *Vision Engineer*, http://www.visionengineer.com, Janeiro de 2001.

[Borbely, 2000] Borbely, Anne-Marie; "How Good is Your Power", *Energy User News*, Setembro de 2000.

[Borgard, 1999] Borgard, Larry; "Grid Voltage Support at your Fingertips", *Transmission and Distribution World*, http://www.tdworld.com, Outubro de 1999 Issue.

[Boyd, 1999] Boyd, Michael; "Powering and Protecting Modern Facility", *Power Quality Assurance Magazine*, http://www.powerquality.com, Agosto de 1999.

[Boyes, 2000] Boyes, John; "Energy Storage Systems Program", *IEEE PES Summer 2000*, Seattle, Washington, USA, 19 de Julho de 2000.

[Bowler, 1997] Bowler, Michael; "Flywheel Energy Systems: Current Status and Future Prospects", Trinity Flywheel Power, *Magnetic Material Producers Association Joint Users Conference*, Setembro 22-23 de 1997.

[Bradshaw, 2001] Bradshaw, Dale; "Electric Power Delivery Reliability improvements through Energy Storage", *ESA 2001 Annual Meeting*, Chattanooga, Tennessee, USA, 26-27 de Abril de 2001.

[Bray, 2001] Bray, Tom; "Vericor Offers New BOO On-site Power Option", *Power On-line Newsletter*, http://www.poweronline.com ou http://www.vericor.com, 27 de Fevereiro de 2001.

[Brender, 1999] Brender, David; "A Power Quality Primer", *Cooper Development Association Inc. Publication*, *http//www.cooper.org*, Dezembro de 1999.

[Brian, 1999] Brian Stahl and Gary A. Moor; "Acumentrics Introduce Composite Flywheel Based 250 KVA Full On-line UPS - No batteries required", *http://www.acumentrics.com*, Novembro de 1999.

[Buckles, 2000] Buckles, Waren and Hassenzahl, William; "Superconducting Magnetic Storage", *IEEE Power Engineering Review*, Maio de 2000, pp. 16-20.

[Burchill, 1997] Burchill, Gary and Brodie, Christina H.; "Voices into Choices - Acting on the Voice of the Customers", *Center of Quality Management, A JOINER Publication*, 1997, ISBN 1-884-731-13-9.

[Burns, 2001] Burns, Larry; "GM Unveils Gasoline-Fed Fuel Cell Pickup", *GM Newsletter*, http://www.gm.com, 7 de Agosto de 2001.

[CAES, 2001] CAES; "Dresser-Rand Offers Guide to Compressed Air Energy Storage", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 14 de Fevereiro de 2001.

[Callahan, 2000] Callahan, Rick; "New Superconducting Material Found", *Individual.Com News Online*, http://www.individual.com, 14 de Setembro de 2000.

[Chapman, 2001]; Chapman, David; "The Costs of Poor Power Quality", Power Quality Application Guide, *produzido pela Copper Development Association (http://www.cda.org.uk)*, no âmbito do Programa Leonardo da Vinci (Leonardo Power Quality Initiative), 7 de Junho de 2001.

[Casanova, 2000] Casanova, Allan; "Siemens Westinghouse Power Corporation Announces Key Contract Award for Solid Oxide Fuel Cell Demonstration Program in Europe"; *Business Wire Electronic Magazine*, http://biz.yahoo.com/bw, 6 de Dezembro de 2000.

[Celerant, 2001] "Preparing the (Uncertain) Future", *Celerant Consulting*, http://www.eyeforenergy.com, Junho de 2001.

[Clemmensen, 1999] Clemmensen, Jane; "Progress and Prospects for the Power Quality Industry", Berkeley, California, *Proceedings of the Power Quality 1999 Conference*, Chicago, IL, USA, 9-11 de Novembro de 1999, pp. 1- 7.

[Cohen, 1997] Cohen, Lou; "Quality Function Deployment: how to make QFD work for you", *Addison-Wesley Publishing*, 3rd. Edition, 1997, ISBN 0-201-63330-2.

[Colborn, 2000] Colborn, Jeffrey; "Metalic Power Puts Zinc-Air Fuel Cell to Work on the Lawn", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 30 de Novembro de 2000.

[Coney, 1999] Coney, Ron; "Stanger Mill Achieved ISO 9001 Certification in 1996. In Its Effort to Maximize Efficiency and Productivity, The Effects of Voltage Sags Were a Constant Source of Trouble", *http://www.amsuper.com/cases/sappistudy.html*, 16 de Junho de 1999.

[Conners, 1998] Conners, David; "Flywheel Solves Short Outage Problems at Machining Company", *Power Quality Assurance Magazine*, May/Jun 1998 Issue.

[Conroy, 1999] Conroy, Martin; "Are You Ready for The Electrical Needs of Today and Tomorrow?", *Computer Power Corporation On-Line*, http://powerquality.copper.org/, Dezembro de 1999.

[Cox, 2000] Cox, Craig; "The Potential of Superconductivity - High-Temperature Superconductors can replace aging grids with greatly enhanced capacity", *Energy Magazine, Winter 2000 Issue*, 2000.

[Cranstone, 2001] Cranstone, Wayne and Lakeman, Barry; "The Use of Regenesys Technology in Military Applications", *Innogy Technology Ventures Ltd. Publications*, 20 de Setembro de 2001.

[Crosby, 2000] Crosby, Philip; "Philip Crosby fala da utilidade da ISO 9000:2000", *Revista ISO 9000 + ISO 14000 News* on-line, *http://www.philipcrosby.com.br/philspage/articles/artigo00_3.htm*, Março de 2000.

[Cunha, 1999] Cunha, António, M.; "O Impacto da Certificação pela ISO 9000 no Sector Eléctrico e Electrónico", *Dissertação do Mestrado em Gestão*, Dep. de Gestão e Economia, Universidade da Beira Interior, 1999.

[Daish, 2001] Daish, Michael; "Post-Mortems versus Predictions: Why Wait Until It's Too Late?", *Business Magazine and Media*, http://www.ecmweb.com, Setembro de 2001.

[Daley, 2001] Daley, James; "Power Control, Transfer Solutions for DG Applications", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 26 de Fevereiro de 2001.

[Daley(a), 1999] Daley, James; "High Temperature Superconducting Underground Transmission Cable", *Electric Power Research Institute Fact Sheet*, Palo Alto, CA, USA, http://www.amsuper.com/application/fs_hts.html, 9 de Julho de 1999.

[Darren, 2000] Darren, Brock, *et al.;* "Superconductor IC´s the 100-GHz second generation", *IEEE Spectrum*, Dezembro de 2000, pp 40-46.

[Delgado, 1999] Delgado J., Azevedo C., Lourosa J. e Oliveira J.; "Diagnóstico sobre a situação de distribuição de energia eléctrica na ESTV", *Relatório de Projecto de fim de Curso de Bacharelato em Eng. Electrotécnica*, Julho de 1999.

[Delgado, 2000] Delgado, J., Almeida A. T., Saraiva, P.; "The Power Quality Panorama in Portugal", *Proceedings of the Power Quality 2000 Conference*, Boston, MA, USA, 3-5 de Outubro de 2000, pp. 785-795.

[Delgado(a), 2000] Delgado, Joaquim; "A Problemática da Qualidade da Energia eléctrica na Actualidade", seminário proferido no DEE da FCTUC, no âmbito da disciplina de Análise e Sistemas de Energia, ministrada pelo Prof. Doutor Humberto Jorge, Coimbra, 5 de Dezembro de 2000.

[DGE_E4, 2002] "Programa E4 - Eficiência Energética e Energias Endógenas", *http://www.dge.pt/ProgramaE4*, Fevereiro de 2002.

[Devine, 2000] Devine, Mike; "The Battery-Free UPS", Electrical Power Group, Caterpillar Inc., Lafayette, Indiana, *Power Quality Assurance Magazine*, Vol. Set/Out 2000, pp 78-84.

[Dittmer, 2001] Dittmer, Joerg; "The Coming Fuel Cell Electric Vehicle Depression", *Automotive Industry Analyst*, Frost & Sullivan, Janeiro de 2001.

[DOE_1, 1995] DOE_1; "Hydrogen The Fuel for the Future"; *United States Department of Energy Publication*, Março de 1995.

[Dolan, 2000] Dolan, Greg; "The Market of Fuel Cells in Distributed Power Applications", *USFCC Newsletter*, http://www.usfcc.com, Novembro de 2000.

[Drive, 2000] Drive, Paul Clark; "Compressed Air Energy Storage", *Dresser-Rand Innovative Energy Solutions Catalog*, http://www.dresser-rand.com, 2000.

[Duarte, 1998] Duarte, A. J. Presume; "Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade numa empresa do Sector dos Materiais de Construção", *Tese de Mestrado em Ciências Empresariais*, FEUC, Coimbra, 1998.

[Duncan, 2000] Duncan, Richard; "The Peak Of World Oil Production and The Road To The Olduvai Gorge", *Geological Society of America*, *(em: http://dieoff.com/page224.htm)*, Summit 2000, Reno Nevada, 13 de Novembro de 2000.

[Duval, 2000] Duval, Robert; "Gateways to the 21st Century", *Power Value Assurance Magazine*, Set./Out. de 2000, pp. 10-15.

[Eby, 2001] Eby, Michael; "Portable Power on Wheels", *Power Quality Assurance Magazine On-Line*, http://industryclick.com, 1 de Março de 2001.

[EDF, 2000] EDF; "Electricité de France Orders New Industrial Power SMES Product American Superconductor to Deliver its First PQ IVR This Summer"", *Power Quality Assurance Online*, http://www.powerqualiy.aip.com, 4 de Abril de 2000.

[EDP, 2000] "Evolução do número de clientes da EDP", site de EDP *http://www.edp.pt*, Dezembro de 2000.

[EDP, 2002]; "Sistema de Qualificação de Empreiteiros para construção, reparação e conservação de redes de distribuição de energia eléctrica BT e MT", EDP Distribuição, *Publicado na III Série do Diário da República*, em 3 de Janeiro de 2002.

[Edlund, 1999] Edlund, David; "Fuel Selection and Fuel Processor Issues for The Near-Term Commercialisation of Fuel Cell Systems"; *Ida Tech Newsletter*, http://www.idatech.com, 10 de Setembro de 1999.

[Eisenhaure, 2000] Eisenhaure, David; "SatCon Introduces New Industrial Fuel Cell Power Inverter Line"; *SatCon Newsletter*, http://www.satcon.com, 27 de Março de 2000.

[Enslin, 2001] Enslin, J. *et al;* "Supply Quality, Reliability and Storage", *Commercial Viable Energy Storage Simposium*, London, UK, 30-31 Janeiro de 2001.

[EPRI, 1992] "Delivering Customer Value; The Application of Quality Function Deployment to Demand Side management", *EPRI Technical Report-100239*, Fevereiro de 1992.

[EPRI, 1994] "Quality Function Deployment: A customer-Driven Process to Create and deliver Value", *EPRI Technical Report -104663*, Dezembro de 1994.

[EPRI, 1998] EPRI and AmSuper Research; "The Two Seconds Problem", *http://amsuper.com/application/power/2seconprob.html*, Março de 1998.

[EPRI, 1999] "The Future of Power Delivery in the 21st Century", *EPRI Power Delivery Group, http://www.epri.com/pdg/events*, 1999.

[EREN, 2000] EREN; "Superconductivity is capturing the imagination of the world"; *http://www.eren.doe.gov/superconductivity/what.html*, 15 de Maio de 2000.

[ERSE, 2000] "Boletim ERSE nº 1", orgão de divulgação das actividades desenvolvidas pela Entidade Reguladora do sector Eléctrico, *http://www.erse.pt*, Dezembro de 2000.

[ERSE, 2001] "ERSE quer acelerar a liberalização do mercado eléctrico nacional", *Diário Digital, http://www.diariodigital.pt/news*, 9 de Março de 2001.

[E_Source, 2001] "Customer Connections Commercial. Web-based Energy Technology and Management Resources for your Commercial Customers", *E Source Inc.*, Boulder, Colorado, USA, http://www.esource.com, 2001.

[Evans, 1999] Evans, Valerie; "Combined UPS & Standby Diesels - The New Approach", Hitec Power Protection, Inc. Netherlands, *Power Quality 1999 Conference Proceedings*, 9-11 de Novembro de 1999, pp. 247-260.

[FACTS, 1999] "Flexible AC Transmission Systems (FACTS)", *Siemens FPQD Power Delivery Solutions*, http://www.siemensstd.com/prods/FPQD/facts.html, Julho de 1999.

[Faulkenbery, 1996] Faulkenberry, Luces M. and Walter Coffer; "Electrical Power Distribution and Transmission", *Cap. 1 - A short History of Electrical Power*, Univ. of Houston, Prentice-Hall, 1996, ISBN 0-13-249947-9.

[FCCG, 1999] FCCG; "What is a Fuel Cell? - Finally Coming of Age", *Fuel Cell Commercialisation Group Publication*, U.S. Washington D.C., 5 de Agosto de 1999.

[FCE, 2001] FCE; "Direct Fuel Cell Turbine"; *Site da Fuel Cell Energy™*, http://www.fce.com, Julho de 2001.

[Ferreira, 2001] Ferreira, Lurdes; "Carbono vai à Bolsa", *Jornal Público Online*, http://jornal.publico.pt/2001/07/16/SupEconomia/TENAC01.html, 16 de Julho de 2001.

[FETC, 1999] FETC; "Distributed Generation - Securing America´s Future with Reliable, Flexible Power", *Federal Energy Technology Center Publication*, U.S. D.O.E. - Office of Fossil Energy, 1999.

[Fillinger, 2000] Fillinger, Robin; "Early Portable Fuel Cell Opportunities in Fast Growing Wireless Applications Predicts Allied Business Intelligence", Allied Business Intelligence, *PR NewsWire*, http://www.prnewswire.com, 4 de Setembro de 2000.

[FPS, 2001] FPS; " Flywheel Power Systems (FPS)", *http://www.afstrinity.com/tech/tec_fps.htm*, 19 de Março de 2001.

[Freid, 2000] Freid, Karen; "New Solid State Metal Power Cell Technology Will Revolutionize Global Energy Marketplace", *PR News Wire*, http://www.evonyx.com, 16 de Março de 2000.

[Flury, 2000] Flury, Richard; "BP Amoco describes Future Energy Economy powered by Natural Gas", *World Energy Council Conference*, http://www.energyresource2000.com, Maio de 2000.

[Gangi(a), 2001] Gangi, Jennifer; "Fuel Cell Make Themselves at Home", *Fuel Cell Quarterly (Fuel Cell 2000 Publication), Volume 4, Issue 1*, Spring 2001.

[Gangi(b), 2001] Gangi, Jennifer; "FASTec Unveils World's First Fuel Cell Powered Aircraft", *Fuel Cell 2000, Digest nº 54*, 2 de Agosto de 2001.

[Garvin, 1984] Garvin, D. A.; "What Does Product Quality Really Mean", *Sloan Management Review*, Fall 84, pp. 25-43.

[Gellings, 2001] Gellings, Clark; "Power Woes Cost US up to $188 Billion a Year Study", *Primedia Business Magazine & Media*, http://industryclick.com, 16 de Julho de 2001.

[Gibbard, 2001] Gibbard, Frank; "H Power to Market Residential Fuel Cells for California Market", *Ida Tech News Release*, http://www.hpower.com/newsCalifornia.html, 10 de Maio de 2001.

[Gibson, 2001] Gibson, Brad; "Power Measurement Partners with Current Thinking to Extend Power Quality and Information Services"; *Power Quality Assurance Magazine Online*, http://industryclick.com, 25 de Setembro de 2001.

[Godfrey, 1997] Godfrey, Blanton; "A qualidade não morrerá", entrevista a Blanton Godfrey, do Juran Intitute, realizada por Isabel Canha, *Revista Executive Digest*, Dezembro de 1997, pp. 50-52.

[Godfrey(a), 2001] Godfrey, Bruce; "Renault, Nissan and Peugeot, Plans to Develop Cars with Fuel Cells that Runs with Gasoline"; *Fuel Cells 2000, Digest nº 52*, 29 de Julho de 2001.

[Gonçalves, 2001] Gonçalves, Ana Maria; "Energia Liberalização: EDP transfere 12 clientes para a EDP Energia", *Diário Económico, Caderno Empresas*, 17 de Janeiro de 2001.

[Graessel, 1993] Graessel, Bob and Zeidler, Pete; "Using Quality Function Deployment to Improve Customer Service", *Quality Progress*, November 1993, pp. 59-63.

[Greene, 2000] Greene, Nathanael *et al.;* "Small and Clean is Beautiful: Exploring the Emissions from Distributed Generation and Pollution Prevention Policies", *Electricity Journal (USA)*, Issue June of 2000.

[Groocock, 1993] Groocock, J. M.; "La Cadena de La Calidad", *Publicação da Editora Diáz de Santos*, Madrid, 1993.

[Guggenheim, 2001] Guggenheim, Alan; "Ida Tech Sells Fuel Cells Systems to French Utility EDF to Conduct Field Tests in 2001", *Ida Tech News Release*, http://www.idatech.com/media/news.html, 5 de Março de 2001.

[Haag, 1996] Haag, Stephen, *et al.;* "Quality Function Deployment - Usage in Software development", *Communications of the ACM, Vol. 39, Nº 1*, Janeiro de 1996, pp. 41-49.

[Harris, 2001] Harris, Scott; "The Solar Solution"; Stirling Energy Systems™, *http://www.stirlingenergy.com /wip/release-4-2-2001.htm*, 31 de Julho de 2001.

[Harrod, 2001] Harrod, Jack; "Powered Vacuum Cleaner with Metallic Fuel Cell in the Electrolux Lunar Design", *Electrolux Press Release*, http://www.mhtx.com/media_center/pressrelease30.htm, 24 de Maio de 2001.

[HBT, 2000] HBT; "Hydrogen Burner Technology", *HBT Newsletter*, http://www.hydrogenburner.com, Abril de 2000.

[Hester, 2000] Hester, Lewis; "Changing the Way Electricity is Used - The IPEM (Integrated Power Electronics Module) Approach", *Publication of the Center for Power Electronics Systems*, Virginia Tech-CPES, 657 Whittemore Hall, Blacksburg, VA 24061-0111, 2000.

[Hiemstra, 2001] Hiemstra, Glen; "Future is the Fast Lane, Wonderware Event Told", *Intech Online*, 27 de Junho de 2001.

[Hitec, 2000] Hitec; "HITEC Power Protection - CPS Systems Power to Rely On", *Holec Power Protection Publication*, Inc. Netherlands, 2000.

[Honton, 2000] Honton, E. J.; "Micro and Mini Turbine Technology"; Resource Dynamics Corporation, *Power Quality 2000 Proceedings*, 1 de Outubro de 2000.

[Howard, 1996] Howard, T. Odum; "Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making", *John Wiley, http://www.amazon.com/exec/obidos*, 1996, ISBN 0471114421.

[Howe, 1999] Howe, John and Borgard, Larry; "Industrial Power Quality Solutions Adapted to Address Transmission Grid Problems", *Power Value Magazine*, Nov./Dec. 1999 Issue.

[HTS, 1999] HTS; "Supercondutores a altas temperaturas", *http://www.fisica.ufc.br*, Junho de 1999.

[Huber, 1999] Huber, Peter and Mills, Mark; "Dig more coal the PC´s are coming", *Revista Forbes*, 9 de Junho de 1999.

[Huber(a), 2001] Huber Peter and Mills Mark; "The National Energy Policy Development Plan: A Technology Investment Perspective", *The Huber Mills Digital Power - Special Report*, Julho de 2001.

[Huber(b), 1999] Huber Peter and Mills Mark; "The PowerChip Paradigm", *The Huber Mills Digital Power Report, Inaugural Issue*, Setembro de 1999.

[Huber(c), 2001] Huber Peter and Mills Mark; "Silicon and Lead", *The Huber Mills Digital Power Report Vol. 2 Issue 7*, Julho de 2001.

[Huber(d), 2000] Huber Peter and Mills Mark; "The Law of Powercosm: Burn Silicon", *The Huber Mills Digital Power Report*, Abril de 2000.

[Ingram, 2000] Ingram, Michael; "The Need for Reliability and Power Quality", *IEEE PES Panel on Energy Storage*, Energy Research & Technology Applications, http://www.energystorage.org, Setembro de 2000.

[Inovint, 2000] "Inovação e Desenvolvimento Internacional da Empresa", *Programa coordenado pela SPI (Sociedade Portuguesa de Inovação), http://www.spi.pt/inovint/idie*, Dezembro de 2000.

[ION, 2001] ION; "Web-Enabled ION Power Meters by Power Measurement Use Modbus Master to Extend Reach Across Factory Floor", *EC&M Magazine*, http://industryclick.com, 30 de Julho de 2001.

[Irvin, 2000] Irvin, Joe; "Stuart Energy Enters California Fuel Cell Partnership - Joins Industry Leaders to Demonstrate Hydrogen Fuelling Technology", *PR NewsWire*, http://www.prnewswire.com, 22 de Novembro de 2000.

[Isnard, 2001] Isnard, Xavier; "Prices of H Power Products", *Business Development Representative, H Power Enterprises of Canada Inc.*, xisnard@hpower.ca, 23 de Novembro de 2001.

[ISO 9000:2000, 2000] "Sistema de Gestão da Qualidade - Fundamentos e Vocabulário da norma ISO 9000:2000", Versão Portuguesa da norma ISO 9000:2000, editada pelo *Instituto Português da Qualidade*, 29 de Dezembro de 2000.

[ISO, 2002]; "ISO Survey of ISO 9000 and ISO 14000 certificates - 11th Cycle", *http://www.iso.org*, 22 de Julho de 2002.

[Johnson, 2001] Johnson, Terry; "Minnesota Power Offers Wind power to Residential and Small Commercial Customers", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, Agosto de 2001.

[Johnson(a), 2000] Johnson(a), Philip; "Revolutionary Energy Storage System Plant Set for Construction", *Alexander´s Gas & Oil Connections Magazine*, Volume 5, Issue #1, http://www.gasandoil.com, 25 de Janeiro de 2000.

[Jones, 2001] Jones, David; "The Sun Rises on Alternative Energy", *http://www.eyefornergy.com*, 13 de Junho de 2001.

[Jones(a), 2001] Jones, David; "Renewables to Acquire Wyoming Wind Farm", *Eyeforenergy News Letter*, *http://www.eyefornergy.com*, 1 de Agosto de 2001.

[Jouanne, 2000] Jouanne, Annette Von; "Hybrid Distributed Generation Systems Using Renewable Energy Sources Enhance Fuel Cell Technologies", *U.I.E. 2000 Conference Proceedings*, Lisbon, 1 a 4 de Novembro de 2000, pp. 121 a 127.

[Juran, 1995] Juran, Joseph; "A History of Managing for Quality", *Revista Quality Progress*, Agosto de 1995, pp. 125-129.

[Kennedy, 2000] Kennedy, Barry; "Power Quality Primer", *McGraw Hill*, Dezembro de 2000, ISBN-0-07-134416-0.

[Kueper, 1999] Kueper, Tobi; "Reliable High Quality Power is a Critical Production Factor for Cyanco, a Nevada Based Supplier of Chemical Products to the Mining Industry", *http://www.amsuper.com/cases/cyancostudy.html*, 16 de Junho de 1999.

[Laird, 1999] Laird, Nancy; "PanCanadian Puts Four High-Tech Microturbines to Work in Alberta Oil Field Capstone Units to Provide Clean Energy", *PR NewsWire*, http://www.prnewswire.com, 3 de Novembro de 1999.

[Langley, 1999] Langley R. and Mansoor, A.; "What Causes ASDs to Trip During Voltage Sags", (EPRI-PEAC Corporation Publication), *Revista Power Quality Assurance*, Outubro de 1999, pp. 22-25.

[Lake, 1999] Lake, Harley; "High Temperature Superconducting Generator Coil - 100 MVA", *General Electric Company Fact Sheet*, Schenectady, New York, USA, http://www.amsuper.com/application/fs_generators.html, 9 de Julho de 1999.

[Lasky, 2001] Lasky, Mike; "Achieving Power Quality with Microturbines", *Power Quality Assurance*, July/August 2001, pp. 83-86.

[LaVorgna, 2001] LaVorgna, Andrea; "Catalyst Power introduces first on-site energy solution to reduce electricity costs and provide reliable power", *http://www.catalystpower.com*, 19 de Setembro de 2001.

[Leung, 2000] Leung, Eddie; "High Temperature Superconducting Fault Current Limiter", *Lockheed Martin Fact Sheet*, San Diego, CA, USA, http://www.amsuper.com/application/fs_limiters.html, 9 de Julho de 2000.

[Liebert, 1999] Liebert; "Active Power Adds Liebert a Worldwide Reseller", *http://www.powerquality.aip.com*, 18 de Dezembro de 1999.

[Ling, 1999] Ling, Philip; "Energy Efficient Transformers", *AIEI News*, Power Quality Institute Publication (http://www.pqi.com), Issue Nov/Dec 1999.

[Litvinenko, 2001] Litvinenko, Serguei; "ESMA Super Caps Technology", *http://www.esma-cap.com*, Março de 2001.

[Lombardo, 2000] Lombardo, Michel; "Ingersoll Rand holds press event to introduce new technologies", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com /articles, 12 de Maio de 2000.

[Lonie, 1998] Lonie, Bruce; "The Power Quality Enemy Within", *Revista Power Quality Today Online*, http://www.powerquality.com/pqpark/pqpark12.htm, Março de 1998.

[Lopes, 1998] Lopes, João Peças *et al*; "Qualidade de Serviço - Caracterização da Situação e Recomendações", *Relatório Elaborado pelo INESC-PORTO, Unidade de Sistemas de Energia*, Janeiro de 1998.

[Luz, 1999] Luz, Vicente; "O método QFD - Quality Function Deployment", *Publicação da CEV (Consultores em Engenharia do Valor, Lda.)*, IME, Rio de Janeiro, Brasil, 1999, pp. 120-128.

[Luz(a), 2000] Luz, Vicente; "Aplicações do QFD como parte da Metodologia de Desenvolvimento Contínuo para a Excelência no Sector de Telecomunicações do Brasil", Vluz-Vicente Luz Consultores Associados Lda., *http://www.vluz.uol.com.br*, Fevereiro de 2000.

[Maxwell, 2001] Maxwell; "The Leader in High-Power Energy Storage", *Maxwell Power Cache Ultracapacitors*, http://www.powercache.com/products/cap2500.htm, Maio de 2001.

[McDowall, 2000] McDowall, Jim; "Technologies for Energy Storage", *IEEE/PES Stationary Battery Committee Panel Session*, Energy Storage Association, http://www.energystorage.org, 2000.

[Melis, 2000] Melis, Tasios; "Berkeley/NREL Team Develops Green-Based Renewable H2 Production Technique", *DOE News*, http://www.hfcletter.com/march00/features.htm, Março de 2000.

[Melito, 2000] Melito, Joel; "Energy Storage Capacity Needed to Ease Peak Problems", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 15 de Agosto de 2000.

[Mercury, 1999] Mercury, Joe; "Business & Homes Getting Their Own Power Plants", *Power Quality Headline News*, http://www.powerquality.aip.com, 29 de Julho de 1999.

[Miglio, 1999] Miglio, Dan; "Anchorage mail Processing Center to be Powered by World's Largest Commercial Fuel Cell System", *Business Wire Newsletter*, http://www.businesswire.com, Agosto de 1999.

[Miller, 2001] Miller, Steve; "Mining Megawatts from Compressed Air", *IEEE Spectrum*, Agosto de 2001, pp. 27-29.

[Milliken, 1999] Milliken, Joann; "Fuel Cells Green Power", *Office of Advanced Automotive Technologies*, U.S. Departement of Energy, LA-UR-99-3231, Dezembro de 1999.

[Miozzo, 2000] Miozzo, Ricardo; "Potencial de Oxiredução-Redox", *Revista Electrónica de Aquarismo*, http://www.aqua.brz.net, Setembro de 2000.

[Miozzo(a), 2000] Miozzo(a), Ricardo; "Produção de Hidrogénio por outros métodos, fotoquímicos e fotobiológicos", *Revista Electrónica de Aquarismo*, http://www.aqua.brz.net, Setembro de 2000.

[Monroe, 2000] Monroe, Jeff; "Powering The Next Generation Internet", *EPRI Power Quality Newsletter*, Fall 2000, Volume 10, Number 2. page 3.

[Morash, 1999] Morash, Richard, *et al;* "New Motor Technology Eliminates Batteries at Unmanned Communication Stations", Precise Power Corporation-Florida, *Power Quality Assurance Magazine*, Vol. March/April 1999.

[Morash(a), 1999] Morash(a), Richard, et al; "NEXRAD Radar Power Protection Using Roesel Motor-Generator", *Power Quality 1999 Conference Proceedings*, 9-11 de Novembro de 1999, pp. 270-282.

[Murelio, 2001] Murelio, C. April; "Pratt & Whitney forms new industrial gas turbine"; *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com/articles, 12 de Junho de 2001.

[Murrell, 1999] Murrell, Regina; "Nisource Research Unveils Breakthrough Total Energy Solution"; *PR NewsWire*, http://www.nisorce.com, 12 de Agosto de 1999.

[Odevaine, 1995] Odevaine, D.; "Ericsson: Um Modelo de Gestión", *Revista Forum Calidad - Espanha*, nº 60, Abril de 1995, pp. 19-24.

[ONSI, 2000] ONSI; "The PC25™ Stationary Power Plant", *ONSI Press Release*, http://www.onsicorp.com/products, Agosto de 2000.

[Osbek, 2000] Osbek, Atakan; "Micro and Portable Fuel Cells", Allied Business Intelligence, *PR NewsWire*, http://www.prnewswire.com, 4 de Setembro de 2000.

[Osborne, 2000] Osborne, Ron; "Siemens Westinghouse to Demo Fuel Cell for Ontario Power Generation"; *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 4 de Outubro de 2000.

[Otelino, 1999] Otelino, Manuel; "A Casa da Qualidade", *Dissertação de Mestrado apresentada no Núcleo de Manufactura Avançada*, Engenharia da Produção da EESC da Universidade de São Paulo, Brasil, Fevereiro de 1999.

[Ovonic, 2001] Ovonic; "On-board Solid Hydrogen Storage", *Site da Ovonic, http://www.ovonic.com /hydrogen/facts.html*, Outubro de 2001.

[Patterson, 2000] Patterson, Walt; "Transforming Electricity"; *Earthscan Publications Ltd*, The Royal Institute of International Affairs, London, 2000, ISBN 1-85383-341-X.

[Penny, 2000] Penny, John and Vernon Pryde; "Inverted Based Clean Power Solutions", *Power Quality 2000 Conference - Poster Presentation*, Boston, MA, Outubro de 2000.

[Perez, 2001] Perez, Luis; "Microturbines used with Wastewater Digester Gas as the Fuel"; *Fuel Cells 2000 Digest nº 46*, 2 de Fevereiro de 2001.

[Pires, 1999] Pires, António Ramos; "Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos", *Edições Sílabo,* 1999, ISBN 972-618-201-4.

[Plagemann, 2001] Plagemann, Bernhard; "GSM Networks"; *The Industrial Ethernet Book, Winter 2001, Issue 8,* Outubro de 2001, p. 8.

[Porter, 2001] Porter, Robert; "Department of Energy Announces World's First Hybrid Fuel Cell Turbine", *US Department of Energy Publication*, http://www.pg.siemens.com, 17 de Abril de 2001.

[PowerLight, 2001] PowerLight; "Hawaii Brings World's Largest Solar-Wind Project at Parker Ranch", *http://www.eyefornergy.com*, 19 de Março de 2001.

[PPC, 2000] PPC; "Better Power & Better Power Protection with Written Pole Technology™", *Precise Power Corporation Publication*, http://www.precisepwr.com, Novembro de 2000.

[PPI, 2001] PPI; "Regenesys Installation at the Tennessee", *Public Power Institute Magazine,* http://www.publicpowerinstitute.org/regenesys.html, 24 de Agosto de 2001.

[PQ, 1999] "Power Quality in a Deregulated Environment - Differentiate Your Products Through Value-Selling", *Power Quality Assurance Magazine On-line*, http://www.powerquality.com/art0036/art1.htm, 30 de Março de 1999.

[Price, 1999] Price, Anthony; "Energy Storage Systems, Utility Scale Electricity Storage: A Novel Approach", National Power PLC, UK, *http://www.Regenesys.com*, 13 de Dezembro de 1999.

[Prieto, 2001] Prieto, Robert; "Wind Power: Its Time Has Come"; *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 29 de Maio de 2001.

[Pugh, 1996] Pugh, Stuart; "Creating Innovative Products Using Total Design: The Living Legacy of Stuart Pugh", *Clausing Don (Editor) and Andrade Ron (Editor), Addison-Wesley Publishing,* 1996.

[Puig, 1992] Puig, Tiago Carril; "Motores Stirling"; *http://www.fem.unicamp.br/~em313/ paginas/stirling/stirling.htm*, Julho de 1992.

[P2000, 2001] P2000; "Ford P2000 Hydrogen ICE Car Debuts", *Ford Michigan Media Articles*, http://media.ford.com, 6 de Setembro de 2001.

[Qual(a), 1998] "Engenharia Paralela e Equipas Interfuncionais", *Publicação da QUAL - Formação e Serviços em Gestão da Qualidade, Lda.*, 1998.

[Qual(b), 1998] "Engenharia dos Conceitos", *Publicação da QUAL - Formação e Serviços em Gestão da Qualidade, Lda.*, 1998.

[Qual(c), 1998] "A Casa da Qualidade", *Publicação da QUAL - Formação e Serviços em Gestão da Qualidade, Lda.*, 1998.

[Powerformer, 2002]; "Powerformer™ - The high voltage generator for the best plant efficiency", *ALSTOM POWER - Power Plant Segment - Switzeland, http://www.se.alstom/com/alstompower*, Maio de 2002.

[PureWave, 2001] PureWave; "Sistema PureWave™ de Fornecimento de Energia Interruptível", *http://www.sandc.com.br.ped/Ups.htm*, 2001.

[Rahmatian, 1992] Rahmatian, F, *et al.;* "Optical Voltage Transducers for High-Voltage Applications", *Proceedings IEEE/LEOS Annual Meeting,* Boston, MA, .16-19 Novembro de 1992, pp. 462-463.

[Raible, 1999] Raible, Christopher; "High Energy Density with Ultracapacitors - Bursting with Power", *Siemens Matsushita Components*, Fevereiro de 1999.

[Rao, 1996] Rao, Ashok, *et al.*; "Total Quality Management: A Cross Functional Perspective", *John Wiley and Sons Inc.*, 1996, ISBN 0-471-10804-9.

[Razelli, 2001] Razelli, Eugenio; "American Superconductor Completes Shipment of HTS Ire to Pirelli for Detroit Edison Power Project", *Business Wire*, http://biz.yahoo.com/bw/000906/ma_america.html, 6 de Setembro de 2001.

[RDC, 2000] RDC; "Regulatory Issues in Distributed Generation", *Resource Dynamic Corporation Site*, http://www.distributed-generation.com/regulatory_issues.htm, Dezembro de 2000.

[Reckleff, 2000] Reckleff, John; "ABB Joins Forces With Itron/UTS to Offer Nationwide Meter Reading Solutions"; *Power Quality Assurance*, http://www.powerquality.com, 5 de Abril de 2000

[Regenesys, 2000] Regenesys; "The Regenesys Energy Storage System Presentation", *http://www.national-power.com/regenesys/brochure1.htm*, 11 de Setembro de 2000.

[Roberts, 1997] Roberts, Dan; "Flywheel Backup Without Batteries", *Power Quality Assurance Magazine*, May/June 1997.

[Robertshaw, 2001] Robertshaw, Allison; "The Rise of Wireless Applications in the Energy Industry", *eyeforenergy newsletter*, Issue 31, http://www.eyeforenrgy.com, 28 de Junho de 2001.

[Rosenberg, 2000] Rosenberg, Michael; "Ballard Power Systems Commissions Initial Manufacturing Facility", *Ballard Press Release*, http://www.ballard.com, 20 de Dezembro de 2000.

[RQS, 2000]; "Regulamento da Qualidade de Serviço", *http://www.erse.pt/files/RegP66.doc*, Janeiro de 2000.

[Sá, 1998] Sá, Patrícia Helena Moura; "Gestão da Qualidade Total nas Escolas", *Tese de Mestrado em Ciências Empresariais*, FEUC, Coimbra, 1998.

[Samuelson, 2000] Samuelson, Scott; "Siemens Westinghouse, SCE Test World's First Fuel Cell/Gas Turbine Hybrid", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 17 de Abril de 2000.

[Saraiva, 1997] Saraiva, Pedro; "Princípios e Fundamentos de Gestão da Qualidade", *monografia da QUAL, Lda., utilizada na disciplina de Gestão da Qualidade Total do Curso Geral de Gestão para Executivos, Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra*, edição de 1997.

[Saraiva, 1999] Saraiva, P. e D´Orey, J.; "Inovação e Qualidade", *SPI (Sociedade Portuguesa de Inovação), Produção da Editorial Principia*, Porto, 1999, ISBN 972-8589-02-6.

[Schett, 2001] Schett, George; "Winds of Change", *Revista Fortune*, 19 de Março de 2001. p. 13.

[Schaughnessy, 2000] Schaughnessy, Tom; "The Evolving World of Power Monitoring", *Power Quality Assurance*, Set./Out. de 2000, pp. 18-22.

[Shiba, 1995] Shiba, S.; "La Conception à l´Ecoute du Marché - Organiser l´ecoute des clients pour en faire un avantage concurrentiel", *INSEP Editions*, 1ª Ed., Paris, 1995.

[Schriber, 1999] Schriber, Jacquelyn; "Customer Expectations: Shooting at a Moving Target", Market Probe, Inc., Los Angeles, California, *Power Value Magazine*, Nov/Dec 1999, pp. 13-19.

[Schmid, 1999] Schmid, Waltraud; "The First European Sale of SMES from AmSuper", *STEWEAG Energie Steiermark*, http://www.steweag.com, 26 de Maio de 1999.

[Sesusa, 2001] Sesusa; "Stirling Engine - Very Simplified Operation"; *http://www.sesusa.org/types.htm*, Julho de 2001.

[Sheble, 1999] Sheble, N.; "Technology Thrives Paper Market is Hot", *Revista INTECH da ISA*, Maio de 1999, pp. 20-23.

[Siemens, 2001] Siemens; "Record Run by Solid Oxide Fuel Cell Comes to Successful Conclusion", *Office of Fossil Energy Website - Press Release*, http://www.pg.siemens.com, 15 de Janeiro de 2001.

[Siemens(a), 2001] Siemens(a); "Siemens 400 kW HT Superconductor Motor", *Industrial Engineering News-Europe Vol. 26, nº 6*, Ago/set de 2001.

[Sinclair, 2001] Sinclair, David; "The Future is Here for Alternative Power Systems", *Eyefornergy Newsletter*, http://www.eyefornergy.com, 31 de Maio de 2001.

[SOFC(a), 2001] SOFC(a); "Solid Oxide Fuel Cells", *Siemens Newsletter, http://www.pg.siemens.com /en/fuelcells/index.cfm*, 31 de Julho de 2001

[SOFC(b), 1999] SOFC(b); "Ceramic Fuel Cells", *Technical Report of Ceramic Fuel Cell Limited*, 170 Browns Road, Noble Park Victoria 3174, USA, Dezembro de 1999.

[SOFC(c), 2000] SOFC(c); "World's Largest Solid Oxide Fuel Cell Demonstration Project", *Ontario Power Technologies Press Release*, http://www.newedge.com, 7 de Abril de 2000.

[Sources, 2000] Sources; "Types of different Fuel Cells", *http://www.e-sources.com/fuelcell.htm*, Abril de 2000.

[Stahlkopf, 2000] Stahlkopf, Karl; "EPRI Addresses Electricity Demand Digital Economy", *Power Quality Headlines*, http://www.powerquality.asp.com, 14 de Dezembro de 2000.

[Stine, 2001] Stine, Diver; "The Dish/Stirling Solar Electric Generation System", Solstice Organization, *http://solstice.crest.org/renewables/dish-stirling*, 31 de Julho de 2001.

[Strebkov, 2001] Strebkov, Dimitry; "Russia Proclaims Solar a Top Priority", *Eyeforenergy News Letter*, http://www.eyefornergy.com, Junho de 2001.

[Stuart, 2000] Stuart; "Stuart Energy Through its Proprietary Water Electrolysis Technology", *Stuart Newsletter* , http://www.stuartenergy.com, November 2000.

[Sullivan, 1995] Sullivan, M. and Vardell, T.; "Interruption Costs; Customer Satisfaction and Expectations for Service Reliability", *IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, Nº. 2*, Maio de 1996, pp. 989-995.

[Sweet, 2001] Sweet, William; "Will distributed generation pan as a panacea?", *IEEE Spectrum Magazine*, Janeiro de 2001, pp. 84-88.

[Swirbul, 2000] Swirbul, Cathy; "The Fuel Cell´s Future and the Dvelopers Who Will Take it There", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 19 de Abril de 2000.

[Taylor, 2001] Taylor, Peter; "Costs of Power Quality Problems", *Power Quality Discussion Forum*, *http://www.powerquality.com*, Agosto de 2001.

[TECO, 2001] TECO; "Written-Pole™ Motor Technology", *TECO Newsletter*, http://www.tecowestingouse.com, Abril de 2001.

[Terninko, 1997] Terninko, John; "Step-by-Step QFD Customer-Driven Product Design", *Second Edition, St. Lucie Press Boca Raton*, Florida, 1997, ISBN 1-57444-110-8.

[Tierney, 2000] Tierney, Rada; "FAQ´s about Stirling Energy Systems", *http://www.stirlingenergy.com*, 29 de Março de 2000.

[Toyota, 2001] Toyota; " Toyota Introduces First Fuel Cell For Testing on U.S. Roads", *Toyota Press Room Newsletter*, http://pressroom.toyota.com, 22 de Agosto de 2001.

[Travis, 2001] Travis, Bill; "Ultracapacitors deliver jolts of Power", *EDN Online Magazine*, http://www.ednmag.com, 31 de Janeiro de 2001.

[Tse, 2001] Tse, Lawrence; "Applications of Microturbines", *GE Power Systems Publication*, http://www.gepower.com/en-us/expl/html/by-prod/microturbines.html, Janeiro de 2001.

[Vassallo, 1997] Vassallo, Tony; "Carbon Supercapacitors", *CSIRO Publication*, Energy Technology, *http://www.syd.dcetcsiro.au*, Fevereiro de 1997.

[Vision21, 2001] Vision21; "History and Timeline of Direct Fuel Cell Turbine"; *Site da Fuel Cell Energy*™, http://www.fce.com, Julho de 2001.

[Voyentzie, 1999] Voyentzie, Peter; "What is a Fuel Cell?", *Fuel Cell Commercialisation Group Publication*, Energy Research Corporation, U.S. Washington D.C., http://www.ttcorp.com, Novembro de 1999.

[Wesner, 1995] Wesner, John W., *et al.;* "Winning with Quality - Applying Quality Principles in Product Development", *Addison-Wesley Publishing Company*, 1995, ISBN 0-201-63347-7.

[Willis, 2000] Willis, H. Lee & Scott, Walter G.; "Distributed Power Generation" *Marcel Dekker, Inc., New York*, 2000, ISBN: 0-8247-0336-0.

[Wilkinson, 1999] Wilkinson, John; "Regenesys granted "Millenium Product" status", *National Power Publication*, http://www.regenesys.com/pr_141299.htm, 14 de Dezembro de 1999.

[Windformer, 2002]; "Windormer™ - Geração de energia eléctrica com fonte eólica directamente no valor de tensão de transporte", *http://www.abb.pt/global*, Maio de 2002.

[Wisconsin, 2000] Wisconsin; "Alliant Energy Places Order for D-SMES Unit; American Superconductor´s Distributed Power Technology to Increase Grid Reliability", *Business Wire Online*, http://www.individual.com, 31 de Março de 2000.

[Wright, 2000] Wright, Andrew; "The Value of micro-generation in liberalised electricity markets"; *U.I.E. 2000 Conference Proceedings*, Lisbon, 1 a 4 de Novembro de 2000, pp. 731 a 739.

[Yurek, 2001] Yurek, Gregory; "American Superconductor Announces Commercial Release of New Power Electronic Switch", *American Superconductor Press Release*, http://www.amsuper.com, 19 de Junho de 2001.

[Yurek(a), 1999] Yurek, Gregory; "Transformers; "High Temperature Superconducting Generator Coil - 100 MVA", *http://www.amsuper.com/application/fs_transformers.html*, 9 de Julho de 1999.

[Yurek(b), 2001] Yurek, Gregory; "American Superconductor Demonstrates World's First HTS 5.000 - Horsepower Electric Motor", *Power Online Newsletter*, http://www.poweronline.com, 20 de Julho de 2001.

[Zeithaml, 1990] Zeithaml, Valerie et al; "Delivering Quality Service - Balancing Customer Perceptions and Expectations", *The Free Press, New York*, 1990, ISBN 0-02-935701-2.

[Zultener, 1993] Zultener, Richard; "TQM for Technical Teams", *Communications of the ACM, Vol. 36, Nº 10*, Outubro de 1993, pp. 79-91.