



Sílvio Micael Monteiro Jacinto

Monitorização de Consumos e Controlo de Cargas no Sector Residencial

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

Coimbra

2012



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES – ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIA

Monitorização de Consumos e Controlo de Cargas no Sector Residencial

AUTORIA:

Sílvio Micael Monteiro Jacinto

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Professor Doutor Aníbal Traça Carvalho de Almeida

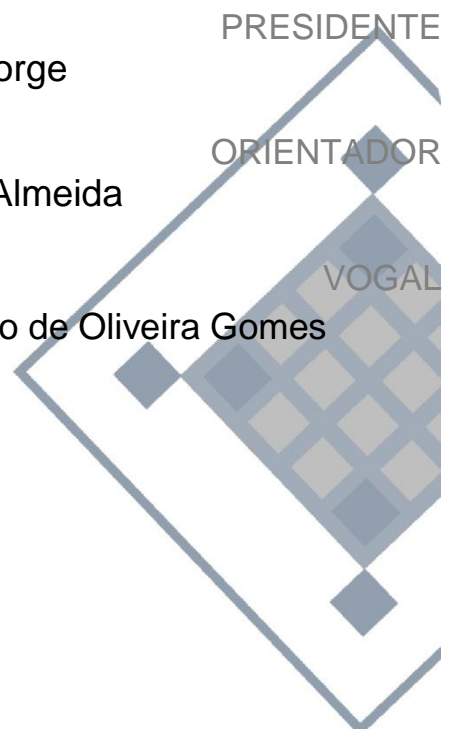
Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes

PRESIDENTE

ORIENTADOR

VOGAL

Coimbra
2011/2012



Agradecimentos

Queria começar por agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Aníbal Traça de Carvalho Almeida e ao meu Co-Orientador Doutor Pedro Manuel Soares Moura pelo apoio prestado, pela constante e pronta disponibilidade, pelo acompanhamento científico e pela transmissão de conceitos importantes na orientação de tarefas, estruturação, correcção e revisão da dissertação.

De seguida, o meu mais profundo agradecimento aos meus pais e irmã pela oportunidade que me deram e pelos sacrifícios passados e constante apoio e encorajamento ao longo deste curso.

À minha namorada, Marta Adão, um obrigado especial pela presença e apoio constante e por sempre me fazer acreditar no sucesso desta etapa.

Aos meus amigos, por todo o apoio, paciência e amizade que me proporcionaram ao longo destes anos.

A todos, o meu muito OBRIGADO!

“Não fiz o melhor, mas fiz tudo para que o melhor fosse feito.

Não sou o que deveria ser, mas não sou o que era antes.”

Martin Luther King

Resumo

O preço da Energia Eléctrica (EE) tem tendência para ser cada vez mais elevado, quer devido ao encarecimento das fontes primárias usadas e/ou à implementação de tecnologias que permitem mitigar os impactos ambientais e diversificar as fontes. Tipicamente a evolução do sector eléctrico tem sido feita no sentido de adaptar a oferta (geração e capacidade de transporte e distribuição) à procura, nomeadamente investindo na construção de novas centrais de geração para fazer face ao aumento do consumo e em particular da ponta. Esta forma de actuar, além de requerer um investimento elevado, não tira partido dos recursos potencialmente existentes no lado da procura, o que leva a um subaproveitamento do sistema.

No entanto, com o aparecimento das redes activas e de programas como a Gestão da Procura e o *Demand Response* pode-se combater o aumento da ponta e do consumo global de EE, evitando a construção de centrais apenas para produção de energia nas horas de ponta. Para os consumidores o principal estímulo será a redução nos custos de aquisição de energia eléctrica e, para o operador de rede será uma redução da ponta máxima nas horas de maior procura e o recurso extra que dispõe para gerir o sistema e aumentar assim a sua fiabilidade.

É neste paradigma que surge o projecto ENERsip (*ENERgy Saving Information Platform for Generation and Consumption Networks*), um sistema de monitorização de consumos e controlo de cargas, que de forma proactiva efectua a gestão da produção e do consumo de energia em edifícios. O objectivo desta dissertação foi testar e avaliar o sistema de monitorização e controlo de consumos desenvolvido. Foram efectuados diversos procedimentos de teste do sistema com a monitorização e controlo remoto de diversos tipos de equipamentos de consumo. Foram monitorizados os consumos associados a cada equipamento e comparar os valores obtidos com o sistema ENERsip para avaliar a sua fiabilidade, analisar os serviços prestados pelo sistema e assim determinar o seu impacto nos consumos.

Palavras-Chave: Eficiência Energética, Monitorização de Consumos, Controlo de cargas, Smart Grids, Demand Response, Gestão da Procura

Abstract

Electricity prices have a tendency to be higher, whether due to the increasing costs of the primary used sources and/or due of the implementation of advanced technologies to help in the reduction of the environmental impact and allow of the sources diversity. Traditionally the evolution of the electric sector has been done to adapt the supply (generation and capacity of transportation and distribution) to the demand, namely by investing in new generation power plants to deal with the increasing consumption and mainly the peak load. This way of working, not only requires high investments, but it also doesn't take advantage of the resources that may exist on the demand side, which leads to an underutilization of the system.

However, with the emergence of active networks and programs like Demand-Side Management and the Demand Response, it's possible to oppose the increasing of peak load and global consumption of electricity, avoiding the construction of power plants only to the generation of energy during high consumption hours. The greatest motivation for the consumers will be the reduction of the electricity costs, and for the grid operator it will ensure a lower number of hours of high consumption and the extra resource to help the management of the system and therefore increase its reliability.

It is with this paradigm that the ENERSip project (*ENERgy Saving Information Platform for Generation and Consumption Networks*) arises, a system that controls the consumption and the loads, in a proactive way to manage the generation and of energy consumption in buildings. The goal of this thesis project was to test and evaluate the monitoring and loads control system. Several tests' procedures were performed to evaluate the system with the monitoring and the remote control of several kinds of appliances, and then the values obtained were compared with the ENERSip system to assess its reliability, and to analyze the services provided by the system to evaluate the impact on the consumption.

Keywords: Energy Efficiency, Monitoring of Consumptions, Loads Control, Smart Grids, Demand Response, Demand-Side Management

Índice

Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas.....	v
Acrónimos	vii
1.Enquadramento.....	1
1.1 Objectivo do Trabalho	2
1.2 Organização do texto	2
2.Introdução.....	5
2.1 Redes Activas	6
2.2 Smart Grids.....	6
2.3 Gestão da Procura – <i>Demand-Side Management</i>	9
2.4 Demand Response	11
3. Energy Saving Information Platform for Generation and Consumption Networks (ENERSip)	15
3.1 Arquitectura ENERSip.....	16
3.2 Tipos de Serviços.....	17
3.2.1 Monitorização de energia, visualização e apresentação de relatórios	17
3.2.2 Acesso remoto e controlo de dispositivos	17
3.2.3 Gestão de cargas	18
3.2.4 Gestão de energia na Microrede	18
3.2.5 Operação do sistema de distribuição	19
4.Sistema I-BECI	21
4.1 Ambiente de Teste	21
4.1.1 Interface	21
4.1.2 Software de Testes.....	23
4.2 Descrição e instalação dos Equipamentos	23
4.2.1 ADR EP	24
4.2.2 Sensor NILM	24
4.2.3 Plugs	25
4.2.4 Sensores Conforto.....	26
4.2.5 IR Box.....	27
4.3 Monitorização	27
4.4 Testes de Integração	28
5.Piloto de Consumo	29
5.1 Equipamentos de monitorização.....	29
5.1.1 Pinça multimétrica F05.....	29

5.1.2 Power Meter- Wattman	30
5.2 Caracterização das Cargas	30
5.2.1 Equipamentos de frio.....	32
5.2.2 Equipamentos audiovisuais e informáticos	33
5.2.3 Máquinas de lavar e secar.....	33
5.2.4 Equipamentos de climatização	34
5.3 Testes	35
5.3.1 O consumo de energia de aparelhos	36
5.3.2 O consumo de energia dos pontos de consumo.....	37
5.3.3 Controlo manual de aparelhos	38
5.3.4 Controlo remoto de aparelhos com plug.....	39
5.3.5 Controlo remoto de aparelhos com IR.....	41
6. Análise aos resultados alcançados.....	43
6.1 Equipamentos de Lavar e Secar.....	44
6.2 Equipamentos Audiovisuais	45
6.3 Equipamentos Informáticos	46
6.4 Equipamentos passíveis de programas de <i>Demand Response</i>	47
7. Conclusões e Trabalhos Futuros	49
7.1 Conclusões.....	49
7.2 Trabalhos Futuros	52
Referências	53
Anexos.....	57
A. Instalação dos Equipamentos e configuração do concentrador.....	57
B. Testes de Integração do sistema I-BECI e respectivas mensagens relevantes enviadas e recebidas a partir do testador de <i>software</i>	61
C. Testes	77

Lista de Figuras

Figura 1 - Smart Grid [Amstell, 2009]	9
Figura 2 - Objectivos da Gestão da Procura.....	11
Figura 3 - Efeitos dos Programas baseados no Preço.....	12
Figura 4 - Efeitos dos Programas baseados nos Incentivos [CPower, 2011].....	12
Figura 5 - Programas de <i>Demand Response</i>	13
Figura 6 - Arquitectura ENERSip.....	15
Figura 7 - Arquitectura I-BECI	21
Figura 8 - Interface de Configuração	22
Figura 9 - Software de Teste	23
Figura 10 - ADR EP	24
Figura 11 - NILM.....	25
Figura 12 - Plugs	26
Figura 13 - Sensores de CO ₂ e Temperatura	26
Figura 14 - IR Box	27
Figura 15 - Configuração dos Dispositivos.....	28
Figura 16 - Pinça Multimétrica	29
Figura 17 - Power Meter	30
Figura 18 - Repartição dos Consumos de Electricidade pelos diferentes Usos Finais [REMODECE, 2008]	31
Figura 19 - Diagrama de Carga no sector Residencial - Dias Úteis [REMODECE, 2008].....	32
Figura 20 - Perfil de Funcionamento de Equipamentos de Frio	32
Figura 21 - Diagramas de carga médios de equipamentos Audiovisuais e Informáticos respectivamente.....	33
Figura 22 - Diagramas de carga médios das máquinas de lavar roupa, secar roupa e lavar louça respectivamente	34
Figura 23 - Configuração dos Parâmetros do Concentrador	60

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Teste nº1: Consumo de energia dos aparelhos	36
Tabela 2 - Teste nº2: Consumo de energia dos pontos de consumo	37
Tabela 3 - Teste nº3: Interruptor manual de aparelhos	39
Tabela 4 - Teste nº4: Accionamento remoto de aparelhos com Plug.....	40
Tabela 5 - Teste nº5: Accionamento remoto de aparelhos com IR	42
Tabela 6 - Testes realizados a Habitação	43
Tabela 7 - Factura energética para Equipamentos de Lavar e Secar	45
Tabela 8 - Consumo de energia para Equipamentos Audiovisuais	46
Tabela 9 - Consumo de energia para Equipamentos Informáticos.....	47
Tabela 10 - Potência pedida a rede dos Equipamentos de Frio e do Termoacumulador	48

Acrónimos

ADR EP - Dispositivo Final de Comunicação - *Automated Demand Response End Point*

ADR EP-C - (Dispositivo Final de Comunicação para o consumo - *Automated Demand Response End Point for Consumption*).

CO₂ – Dióxido de Carbono

DHCP - Protocolo de configuração de host dinâmico

DR – *Demand Response*

DSM - Demand-Side Management

DSO - Operador do sistema de distribuição

EE - Energia Eléctrica

ENERSip - *Energy Saving Information Platform for Generation and Consumption Networks*

ESSID - Extended Service Set Identification

I-BECI - Infra-estrutura do Consumo de Energia

I-BEGI - Infra-estrutura de Geração de Energia

IR – Infravermelhos

IR GW - Entrada Infravermelhos

M2M - *Machine-to-Machine*

NILM - Monitorização de Carga Não-Intrusiva

PS-BI - Sistema Inteligente de Poupança de Energia

REMODECE - Monitorização Residencial para Diminuir o Uso de Energia e Emissões de Carbono na Europa

SEE - Serviço de Energia Eléctrica

UAP - Plataforma de Aplicação do Utilizador

EU - União Europeia

UII - Interface Intuitivo do Utilizador

1. Enquadramento

Os sistemas de energia eléctrica (SEE) encontram-se num processo de reestruturação sem precedentes. A introdução de mecanismos de mercado no sector eléctrico, as preocupações ambientais e a volatilidade dos preços dos combustíveis de origem fóssil, ditados pela sua escassez e consequente aumento dos custos de extracção e pela instabilidade de uma parte importante dos países detentores destes recursos, originou a aposta clara dos países desenvolvidos, liderados pela Europa, nas fontes de energia renováveis.

A Europa encara o problema da dependência energética como uma oportunidade de garantir a sua própria sustentabilidade através da criação de grupos tecnológicos de desenvolvimento de sistemas de produção de energia renováveis, que permitam a redução dos consumos de combustíveis fósseis e criar produtos inovadores que incrementem as exportações de equipamento e conhecimento para o exterior, fortalecendo duplamente as economias dos países que a constituem.

Um dos aspectos fulcrais para concretizar os objectivos traçados é a capacidade das redes eléctricas permitirem a introdução de novas tecnologias de geração, armazenamento e gestão de consumos, bem como uma integração com a área dos transportes, nomeadamente no que diz respeito à crescente utilização de veículos eléctricos.

Várias abordagens têm surgido com o objectivo de antever a evolução das redes eléctricas, apresentando soluções inovadoras e novos paradigmas de gestão dos SEE e de actuação das várias entidades que actuam no sector. Apesar das diferenças existentes entre os conceitos propostos, é consensual a necessidade de uma mudança dos SEE tanto a nível tecnológico como a nível de gestão do sistema. A participação activa dos consumidores é fundamental para a promoção da eficiência energética e para o incremento do uso de unidades de produção distribuída. Este novo paradigma implica mudanças ao nível do controlo e da tomada de decisão, que deverá ser hierarquizada e gerida por novas entidades que actuem num ambiente de cooperação mas também de concorrência entre si.

É neste paradigma que surge o projecto ENERsip (*ENERgy Saving Information Platform for Generation and Consumption Networks*), um sistema de monitorização de consumos e

controlo de cargas, que de forma proactiva efectua a gestão da produção e do consumo de energia em edifícios.

1.1 Objectivo do Trabalho

O objectivo desta dissertação foi avaliar o sistema de monitorização e controlo de consumos desenvolvido no projecto ENERsip. Em primeiro lugar efectuou-se a instalação de todos os equipamentos do sistema I-BECI (Infra-estrutura do Consumo de Energia) para poder criar um manual que seja totalmente esclarecedor para no futuro os consumidores serem capazes de instalar todos os equipamentos de forma autónoma. Em segundo lugar efectuaram-se testes a todos os equipamentos para verificar as comunicações entre os equipamentos do sistema. De seguida foram efectuados diversos procedimentos de teste do sistema com a monitorização e controlo remoto de diversos tipos de equipamento. Pretendeu-se monitorizar os consumos associados a cada equipamento e comparar os valores obtidos com o sistema ENERsip para avaliar a sua fiabilidade, analisar os serviços prestados pelo sistema e assim determinar o seu impacto nos consumos.

1.2 Organização do texto

Para além deste capítulo o documento encontra-se estruturado em mais seis capítulos.

O Capítulo 2 apresenta conceitos de introdução teórica ao tema, diferentes abordagens e perspectivas de evolução destas redes, nomeadamente as Redes Activas, as *Smart Grids*, e as várias técnicas existentes no que concerne às técnicas de gestão e controlo de cargas como Gestão da Procura e *Demand Response*.

O Capítulo 3 apresenta de uma forma resumida o projecto europeu ENERsip, qual a sua arquitectura, objectivos e os diferentes tipos de serviços disponibilizados.

No Capítulo 4 são apresentados os serviços prestados pela I-BECI. Começa-se por descrever a configuração de teste para a integração I-BECI, de seguida são caracterizados os

equipamentos utilizados nos testes e por fim são realizados alguns testes para verificar que existe comunicação entre os dispositivos do sistema.

No Capítulo 5 são caracterizados os consumos das diferentes cargas que mais se apropriam a acções de desvio, são destacados os conjuntos de equipamentos com elevado potencial na redução de consumos em *standby* e *off-mode*. Por fim, foram realizados alguns testes com o objectivo de garantir que o sistema é capaz de medir o consumo, otimizar e controlar o funcionamento dos dispositivos.

No Capítulo 6 são apresentados os potenciais impactes que um sistema de monitorização de consumos e controlo de cargas através da realização de alguns testes efectuados numa habitação real. São apresentadas as poupanças obtidas em termos energéticos e de custos.

Por último, no Capítulo 7, são apresentadas as conclusões do trabalho realizado e são avaliados os objectivos alcançados. São ainda lançadas propostas de evolução do trabalho realizado.

2.Introdução

Existe uma mudança de paradigma associada aos sistemas energéticos. Os modelos tradicionais seguem um conceito unidireccional, em que a energia circula num único sentido da geração para a carga, serão gradualmente substituídos pelas chamadas redes inteligentes em que o trânsito de energia se processa de uma forma bidireccional.

O novo paradigma de suporte ao sistema eléctrico é erigido sobre uma forte aposta da procura, nas energias renováveis e na microprodução (geração distribuída) desenvolvendo o conceito de “prosumer” (simultaneamente consumidor e produtor de electricidade).

Na actualidade a maioria dos consumidores de electricidade não têm qualquer participação activa na produção de energia eléctrica e muito menos na gestão das redes eléctricas. Com a implementação de mercados eléctricos e com o aparecimento e desenvolvimento de tecnologias de produção distribuída, as redes eléctricas do futuro terão de evoluir no sentido de permitir que os utilizadores desempenhem um papel activo, como produtores de energia eléctrica, na gestão do consumo e num estágio mais avançado no seu controlo, de forma parcial e coordenada com os restantes intervenientes.

Para além das mudanças que terão de ocorrer na rede eléctrica, terão de passar a existir novos serviços como por exemplo a monitorização e controlo efectuados de forma remota, novos serviços de auditoria e fiscalização de instalações produtoras, serviços de gestão de informação em tempo real, capacidade de funcionamento em ilha das redes eléctricas, sistemas de remuneração dos serviços prestados e, existência de normas de tomada de decisão sobre a configuração das redes.

A consequência deste acréscimo de informação de dados é o aumento da complexidade da sua transmissão e a necessidade de todos os intervenientes terem acesso à informação que lhes é facultada, em tempo útil, levando a que a tecnologia mais óbvia a utilizar seja a internet.

2.1 Redes Activas

O modelo de redes activas introduz dois novos conceitos: O primeiro é a promoção da interligação de novos *prosumers* de forma simples e rápida. O segundo é que a rede tem de permitir a interacção com os *prosumers* permitindo-lhes saber qual a melhor forma de gerirem os seus recursos e consumos em tempo real.

O nível de controlo que é necessário implementar nas redes activas é muito superior ao existente actualmente no SEE. Para atingir os níveis de controlo desejados, será necessário introduzir novos sistemas de controlo de tensão e frequência, novos sistemas de protecção, novos equipamentos para aquisição de dados, novos sistemas de comunicação e sistemas de armazenamento de energia eléctrica.

Com o aumento de produção distribuída, o trânsito de potências passa a ser bidireccional, ou seja, o sentido do fluxo da energia pode inverter-se. Este fluxo deve ser gerido por dispositivos electrónicos, que terão como missão assegurar a melhor forma de “direccionar” a energia de modo a garantir o funcionamento do SEE dentro dos limites técnicos estabelecidos. Assim, o sistema deixará de estar dependente dos níveis superiores de tensão passando a dispor de alguma autonomia no fornecimento de energia eléctrica.

2.2 Smart Grids

A designação *Smart Grids* surgiu na Europa em 2005 como resposta aos objectivos traçados para 2020 ao nível do sector energético, nomeadamente, utilização de 20% de fontes renováveis para produção de energia, redução de 20% no consumo e redução de 20% de emissão de gases de efeito de estufa [ERGEG, 2010]. No mesmo documento pode-se encontrar uma definição “*Smart Grids é uma resposta necessária ao meio ambiente, exigências sociais e políticas colocadas no fornecimento de energia. Smart Grids vai usar novas tecnologias revolucionárias, produtos e serviços para criar uma aproximação fortemente centrada no utilizador para todos os clientes*”.

A Eurelectric (*Electricity for Europe*) define em [Paun, 2010] que “A *Smart Grid* é uma rede eléctrica inteligente que pode integrar o comportamento e as acções de todos os utilizadores que lhe estão ligado - geradores, consumidores e aqueles que fazem ambas as coisas - a fim de garantir a sustentabilidade de forma eficiente, económica e o fornecimento de electricidade seguro”.

No site do IEEE *Smart Grids* pode-se encontrar a seguinte definição “A iniciativa *Smart Grid* é a modernização e optimização da rede eléctrica para que seja mais fiável, eficiente, segura e ambientalmente neutra. Para a iniciativa *Smart Grid* ser bem-sucedida, exige colaboração, integração e interoperabilidade entre uma variedade de disciplinas, incluindo sistemas de controlo computacionais e de comunicação para geração, transmissão, distribuição, clientes, operações, mercados, e prestador de serviços” [IEEE, 2010].

O departamento de energia dos Estados Unidos apresenta a seguinte definição: “Em termos de visão global, o *Smart Grid* é:

Inteligência - capaz de sentir sobrecargas do sistema e reencaminhamento de energia para evitar ou minimizar uma queda de potencial; de trabalhar de forma autónoma quando as condições exigem resolução mais rápida do que os humanos podem responder...e cooperativamente em alinhar os objectivos dos serviços públicos, consumidores e reguladores;

Eficiência - capaz de atender ao aumento da exigência do consumidor sem adição de infra-estrutura;

Adaptação - aceita energia a partir de qualquer fonte de combustível, incluindo solar e eólica como simples e transparente como carvão e gás natural; capaz de integrar todas e quaisquer ideias e tecnologias - tecnologias de armazenamento de energia, por exemplo;

Motivação - permite a comunicação em tempo real entre o consumidor e empresa de energia, assegurando que os consumidores possam adequar o consumo de energia com base nas preferências individuais, como preço e /ou preocupações ambientais;

Oportunidade - criando novas oportunidades de mercado, com os meios necessários para capitalizar a inovação plug-and-play, onde e quando apropriado;

Qualidade - capaz de oferecer a qualidade de energia necessária - livre de quedas, picos, perturbações e interrupções - o poder da nossa economia cada vez mais digital e os centros de dados, computadores e electrónicos necessários para o funcionamento;

Resistência - cada vez mais resistente ao ataque e desastres naturais, uma vez que se torna mais descentralizada e reforçada com protocolos de segurança Smart Grid;

"Verde" - retardando o avanço da mudança climática global e oferecendo um autêntico caminho para uma melhoria ambiental significativa" [Litos, 2008].

Pelo exposto pode-se concluir que o conceito de *Smart Grids* surge como um novo paradigma de operação e gestão das redes eléctricas, capaz de alienar todas as mudanças, técnicas e processuais, subjacentes:

- ✓ à elevada penetração de produção distribuída;
- ✓ à participação activa dos consumidores nas questões energéticas (*demand response* e microgeração);
- ✓ à existência de sistemas de controlo com vários níveis de decisão e com uma hierarquia bem definida;
- ✓ à existência de *Smart Meters*;
- ✓ à existência de veículos eléctricos que permitam a ligação à rede eléctrica, tanto para carga das baterias como para a sua descarga;
- ✓ à existência de sistemas de armazenamento;
- ✓ à possibilidade de uma fácil reconfiguração das redes eléctricas;
- ✓ à possibilidade de operação da rede em modo isolado;
- ✓ ao controlo do trânsito de energia reactiva através da contribuição da produção distribuída;
- ✓ ao controlo da qualidade da energia;
- ✓ ao controlo das protecções;
- ✓ à integração de novos sistemas de comunicação;

A Figura 1 mostra o amplo âmbito de uma *Smart Grid*.



Figura 1 - Smart Grid [Amstell, 2009]

2.3 Gestão da Procura – Demand-Side Management

Eficiência energética significa usar menos energia mantendo ao mesmo tempo um nível equivalente de actividade económica ou serviço. Poupança de energia é um conceito mais amplo que inclui também a redução do consumo através da mudança de comportamento ou da redução da actividade económica. Exemplos de poupança de energia, sem melhorias de eficiência, são o menor aquecimento de uma sala no Inverno, menor utilização do carro ou a utilização de modos de poupança de energia num computador.

A utilização racional de electricidade tem vindo a ser promovida recorrendo a, por exemplo, programas desenvolvidos por empresas fornecedoras de energia, designados por programas de Gestão da Procura – *Demand-Side Management* (DSM).

A Gestão da Procura (DSM) pressupõe a identificação e implementação de iniciativas que melhoram a utilização da capacidade instalada, pelo produtor/fornecedor de energia (operador), através da alteração das características da procura de energia.

As características do consumo são modelizadas através de uma função que relaciona a energia consumida com o tempo, chamada diagrama de cargas, a partir da qual se pode caracterizar as variações que vão ocorrendo no consumo ao longo das horas do dia. O *DSM* procura alterar a forma como esta função vai evoluindo ao longo do tempo de maneira a conseguir-se obter um dos seguintes seis objectivos, representados na figura 2:

- ✓ **Redução do pico** (*Peak Clipping*) - reduzindo o pico de carga durante períodos específicos usando o controlo directo do equipamento, tarifas ou tecnologias eficientes direccionadas para equipamentos com elevados consumos na ponta. Reduz a necessidade de instalações adicionais (tais como novas centrais, reforços nas redes de transporte e distribuição), bem como os custos de operação.
- ✓ **Preenchimento de vales** (*Valley Filling*) - aumentando a carga durante as horas fora de pico e, conseqüentemente, a energia consumida. Pode ser feito através do uso de preços especiais fora dos períodos de pico, por exemplo, armazenamento de energia térmica para o aquecimento de águas ou ainda o carregamento de veículos eléctricos.
- ✓ **Transferência de Carga** (*Load Shifting*) - mudando a carga dos períodos onde se verificam os consumos para as restantes horas. As medidas a aplicar estão relacionadas, por exemplo com o aquecimento ou a refrigeração do ar.
- ✓ **Conservação Estratégica** (*Strategic Conservation*) - fazendo a alteração da curva de carga que geralmente ocorre pela redução da mesma de forma mais ou menos uniforme durante os períodos do dia. Esta modificação deve-se ao uso de aparelhos mais eficientes, envolvendo o decréscimo das vendas e a maneira como a electricidade é utilizada.
- ✓ **Crescimento de carga** (*Strategic Load Building*) - alterando a forma da curva de carga, aumentando a mesma de forma uniforme durante as horas do dia. O crescimento deve ser feito através de incentivos que promovam a eficiência e sustentabilidade energética. Ocorre o aumento das vendas através do desenvolvimento de novas aplicações, como carros eléctricos.
- ✓ **Curva de carga flexível** (*Flexible Load Shape*) - neste processo existe uma certa flexibilidade na forma da curva de carga, uma vez que a carga é variável consoante as condições oferecidas aos consumidores, através de variações do tarifário ou controlo directo de cargas (aqui esta implícito uma nova metodologia, o *Demand Response*).

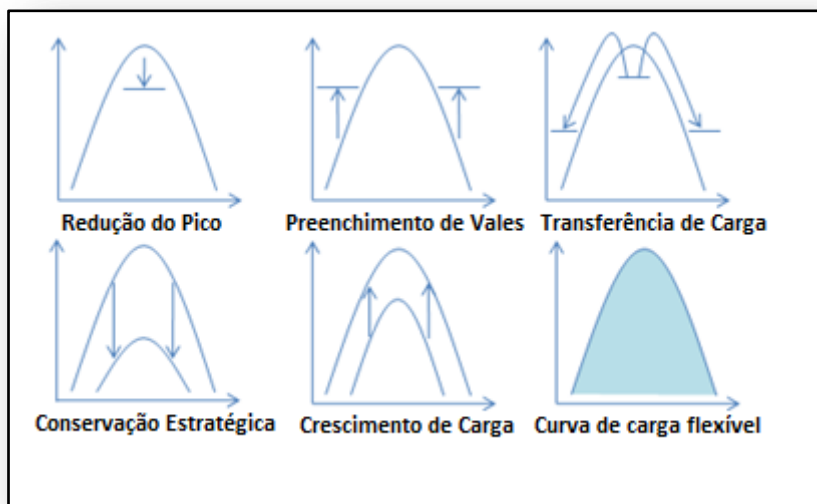


Figura 2 - Objectivos da Gestão da Procura

2.4 Demand Response

O *Demand Response* é uma abordagem em que se procuram alterações nos padrões de consumo de EE (Energia Eléctrica) por parte dos consumidores, como resposta a mudanças no preço de EE, num espaço temporal, ou ao pagamento de incentivos criados com o intuito de induzir o consumidor a reduzir (cortes momentâneos) o seu consumo de energia em situações em que o valor de mercado é elevado (nas horas de ponta em que os custos são elevados) ou em situações em que a fiabilidade do SEE esteja em causa (por exemplo depois de uma redução acentuada da produção eólica).

Existem várias formas de incentivar os consumidores a alterar os seus consumos através de programas de *Demand Response*, que podem ser diferenciadas em dois grandes grupos.

Programas baseados no preço em que o consumidor é induzido a alterar o seu consumo em resposta ao preço pago pela energia. Dentro desta categoria existem planos em que o preço varia em tempo real com o preço pago pelo comercializador, em que o preço é diferente quando se está em alturas de picos-críticos e em que o preço varia consoante a altura do dia em que se consome, esta última que já existe em Portugal com as tarifas bi-horárias, tri-horárias e tetra-horárias.

A Figura 3 representa um exemplo clássico de um dos objectivos pretendidos com a *Demand Response*. Verifica-se que actuando (reduzindo) no lado da procura – implementando acções de *Demand Response* por parte dos consumidores – faz com que aumente a oferta, o que provoca uma redução no preço da EE, que por sua vez pode originar uma redução na factura energética paga pelo consumidor.

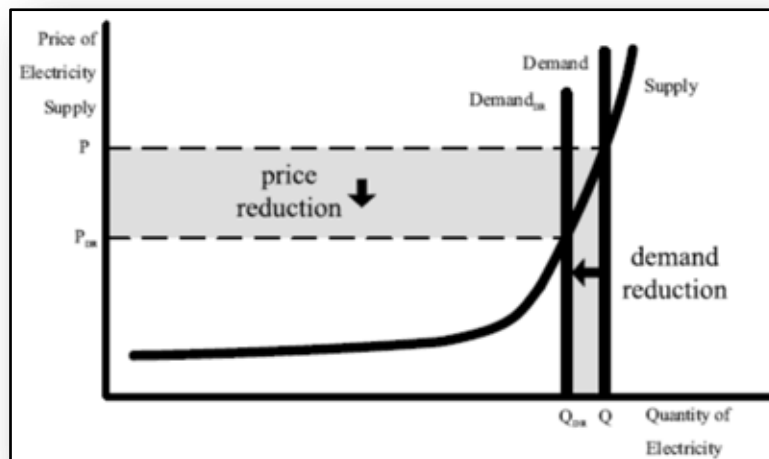


Figura 3 - Efeitos dos Programas baseados no Preço

Existem também programas baseados em controlo de cargas, que oferecem incentivos monetários aos consumidores por estes reduzirem o seu consumo. A figura 4 mostra uma altura de grande consumo, na qual foi solicitado ao consumidor uma redução de cargas.

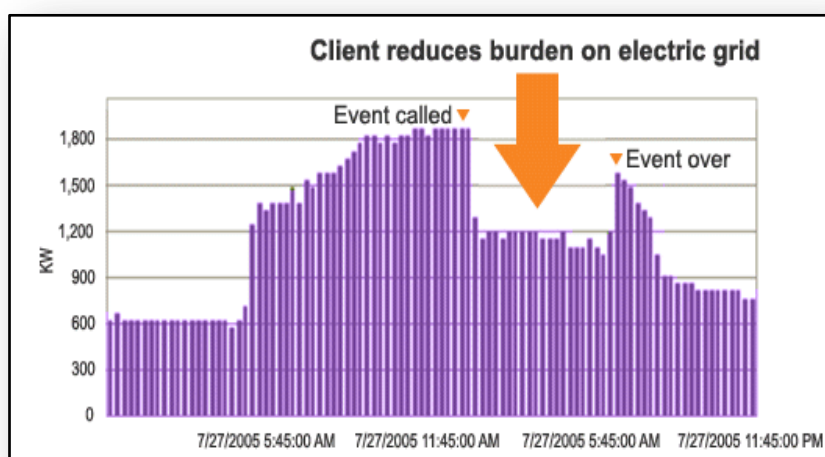


Figura 4 - Efeitos dos Programas baseados nos Incentivos [CPower, 2011]

A redução deve ser feita quando os operadores julgam que a fiabilidade do sistema está em risco ou então quando o preço da energia está demasiado alto. Alguns destes programas (Figura 5) penalizam o consumidor caso este não cumpra com as reduções quando estas são solicitadas.

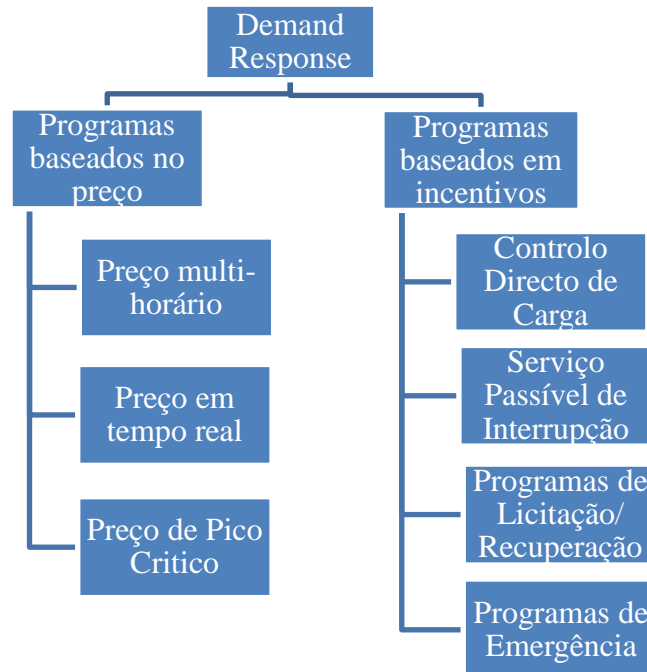


Figura 5 - Programas de *Demand Response*

Programas baseados no preço

- ✓ **Preço multi-horário:** um tarifário com diferentes preços unitários, que variam consoante o período do dia. Este tarifário reflecte o custo médio de produção e distribuição de energia durante esses períodos de tempo. Caso das tarifas bi-horária, tri-horária e tetra-horária.
- ✓ **Preço em tempo real:** um tarifário em que o preço da electricidade tipicamente flutua de hora-a-hora (podendo também variar de quinze em quinze minutos), reflectindo as alterações no preço de electricidade. Os clientes são normalmente avisados da variação de preços com antecedência.

- ✓ **Preço de Pico Crítico:** este tarifário baseia-se fortemente no de preço multi-horário, visto que tal como este também varia o preço apenas em certas alturas, variação que se sucede quando a fiabilidade do sistema está em risco ou então quando o preço da energia está muito alto.

Programas baseados em incentivos

- ✓ **Controlo Directo de Carga:** um programa em que o operador do sistema desliga ou liga remotamente um equipamento eléctrico de um consumidor, avisando-o num curto espaço de tempo, sendo principalmente oferecidos a clientes residenciais ou de comércio em pequena escala.
- ✓ **Serviço Passível de Interrupção:** programa em que o consumidor se compromete a reduzir cargas quando tal lhe é solicitado devido a contingências do sistema, caso o consumidor não cumpra, podem ser atribuídas penalizações, sendo oferecido apenas à grande indústria (ou grande comércio).
- ✓ **Programas de Licitação/ Recuperação:** O consumidor leva o seu excedente de energia a leilão, em que o produtor ou outro consumidor pode adquirir este excedente de energia que já tinha sido vendido, este programa pode ser útil em alturas de muita procura, sendo principalmente oferecido a clientes grandes (mais de 1 MW).
- ✓ **Programas de Emergência:** Programas que fornecem incentivos aos consumidores por reduções de carga durante períodos onde surge falta de reservas.

3. Energy Saving Information Platform for Generation and Consumption Networks (ENERSip)

O ENERSip é um projecto europeu, orientado no sentido de permitir o surgimento de um mercado da electricidade aberto por protocolos de unificação e utilizando componentes de diferentes fornecedores, a fim de fornecer serviços fiáveis de troca de dados entre consumidores e operadores de rede eléctrica.

O objectivo deste projecto europeu é criar uma plataforma adaptativa, inteligente e aberta, orientada a serviços, que irá permitir aos utilizadores finais reduzir o consumo de energia e melhorar a operação da rede através de monitorização e controlo de cargas, coordenando a geração e consumo em bairros residenciais e edifícios.

Para alcançar este objectivo, está a ser desenvolvida a plataforma ENERSip, que irá apoiar os utilizadores finais a monitorizar e controlar o estado dos elementos de produção e consumo, assim como definir a configuração óptima dos parâmetros de acordo com as necessidades, preferências e informação contextual de cada utilizador.

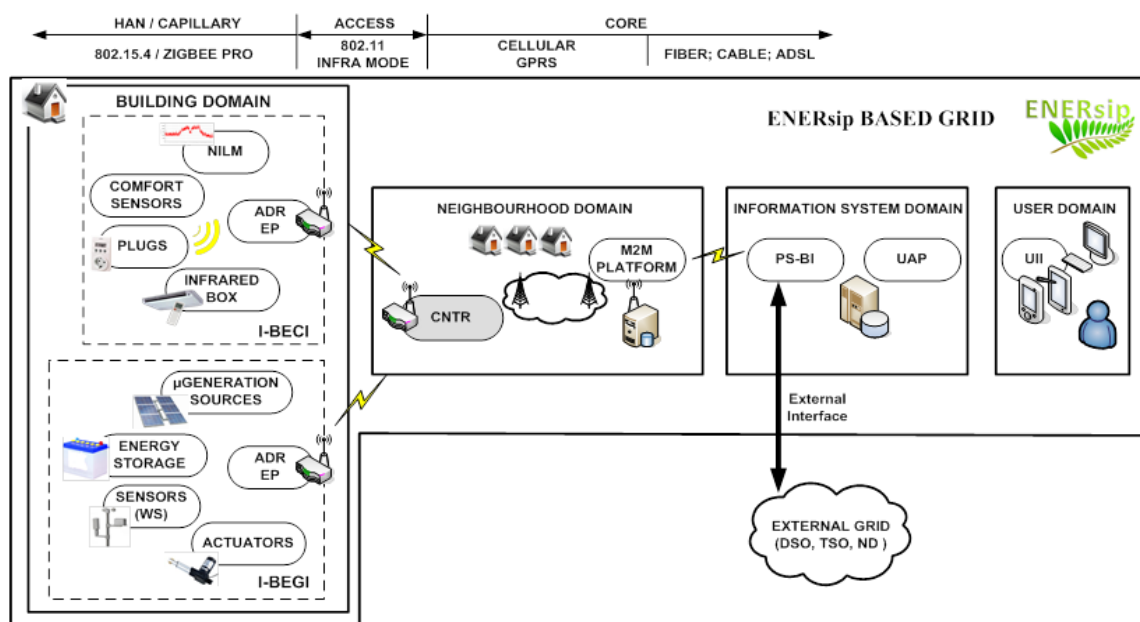


Figura 6 - Arquitectura ENERSip

3.1 Arquitectura ENERSip

A arquitectura da plataforma ENERSip está estruturada em 4 domínios (Figura 6):

- ✓ **Edifício:** está dividido em I-BECI e I-BEGI (Infra-estrutura de Geração de Energia). O I-BECI envolve sensores de conforto, Plugs, Box de infravermelhos e o NILM (Monitorização Não-Intrusiva de Cargas). O I-BEGI contém fontes de geração, armazenamento de energia, sensores e atuadores.

Cada I-BECI e I-BEGI têm o seu próprio router, o ADR EP (Dispositivo Final de Comunicação - *Automated Demand Response End Point*). A função dos ADR EPs é comunicar com o edifício o consumo/geração dos dispositivos e enviá-los para o resto da plataforma ENERSip. Também recebe comandos da plataforma e envia-os para os dispositivos. Basicamente é assegurar a comunicação com os vários dispositivos que estão no interior do edifício com o resto da plataforma.

- ✓ **Bairro:** O objectivo principal é agregar a informação de um grupo de edifícios, e de a transportar de uma maneira fiável, para o Sistema de Informação e gerir os comandos de controlo do Sistema de Informação para o Edifício.

Este domínio é dividido numa rede de concentradores e na Plataforma M2M (*Machine to Machine*). Cada concentrador é responsável por gerenciar vários ADR EPs, e de transmitir dados para o sistema de informação através da Plataforma M2M, e também encaminhar os comandos do sistema de informação para a ADR EP. A plataforma M2M além de enviar comandos a partir do sistema de informação para o concentrador apropriado, também encaminha todos os dados do concentrador para o sistema de informação.

- ✓ **Sistema de Informação:** a mais inteligente parte da plataforma, e compreende o PS-BI (Sistema Inteligente de Poupança de Energia) e o UAP (Plataforma de Aplicação do Utilizador). O módulo PS-BI recolhe e processa todos os dados recolhidos a partir do Edifício. A UAP é responsável por fornecer serviços de valor acrescentado (por exemplo, eficiência energética ou monitorização de conforto) com base nos perfis e preferências do utilizador fornecido pelo PS-BI.

- ✓ **Utilizador:** que permitirá aos utilizadores do sistema interagir com a plataforma.

Isto será possível através do uso de uma interface baseada na *Web*.

3.2 Tipos de Serviços

A plataforma ENERsip vai fornecer serviços de gestão de energia para vários grupos de utilizadores finais, incluindo em primeiro os utilizadores residenciais e comerciais, em segundo os agregadores de consumo e produção, e finalmente o DSO (Operador do sistema de distribuição).

3.2.1 Monitorização de energia, visualização e apresentação de relatórios

Os utilizadores residenciais e comerciais recebem informações quase em tempo real sobre o seu consumo/geração de energia associado aos impactos económicos e ambientais. O DSO também pode receber parte das informações, dependendo do contrato com o prosumer.

Em relação à geração de energia, além da informação sobre a geração de energia e preços, o sistema também fornece a previsão de produção, que será muito importante para os *prosumers* para determinar a opção mais rentável (consumo ou injeção na rede da energia produzida). Em relação ao consumo de energia, a plataforma ENERsip também fornece informações detalhadas sobre o consumo de cada aparelho individual, o que permite a comparação entre o consumo real de energia com o esperado. Como resultado, todos os desvios e as oportunidades para reduzir o consumo de energia (horários de equipamentos) serão relatados para os utilizadores.

3.2.2 Acesso remoto e controlo de dispositivos

O sistema ENERsip permite o controlo remoto dos dispositivos de consumo de energia de uma habitação através de um Interface Intuitivo do Utilizador (UII). Usando esse interface, o utilizador terá a possibilidade de criar uma configuração inicial da rede, ligar/desligar

remotamente dispositivos, ou para ajustar suas configurações. Além disso, o utilizador terá a possibilidade de configurar regras que serão aplicadas, acções pré-definidas (por exemplo, desligar, reagendamento, etc.) para dispositivos específicos de acordo com mudanças dinâmicas do contexto geral. Tal controlo dará ao utilizador a possibilidade de adaptar o funcionamento dos dispositivos para as suas necessidades, mudança de condições climáticas ou a preços em tempo real. Com a monitorização remota, o utilizador pode identificar aparelhos que estão ligados desnecessariamente e desligá-los com o controlo remoto, evitando o consumo desnecessário. Além disso, a capacidade de controlo remoto irá facilitar a participação em programas de *Demand Response*.

3.2.3 Gestão de cargas

No futuro mercado da electricidade, será importante para cada utilizador final ter a capacidade de responder rapidamente às mudanças dinâmicas no mercado, como as que ocorrem com preços em tempo real. A funcionalidade de gestão de cargas oferecida pela plataforma ENERSip vai permitir a participação dos utilizadores nos programas de *Demand Response*. O utilizador será capaz de especificar os dispositivos a serem incluídos no programa de *Demand Response* e alterar manualmente as decisões do sistema. A capacidade do gestor de carga trará vantagens económicas para os utilizadores e capacidades adicionais de controlo e optimização para o DSO, como por exemplo, as inerentes à redução e optimização dos consumos (entre períodos horários).

3.2.4 Gestão de energia na Microrede

O serviço de gestão de energia na Microrede vai funcionar ao nível de comunidades locais e bairros, com múltiplos dispositivos de consumo, e geração e armazenamento. Uma vez que as fontes de produção de energia são na sua maioria de fontes renováveis com produção variável e intermitente, o processo de optimização ao nível da microrede numa perspectiva económica e fiável não é uma operação fácil. Portanto, a capacidade de monitorização da geração e consumo irá aumentar o conhecimento em tempo real das condições e contribuir para melhorar o equilíbrio entre geração e consumo na microrede.

3.2.5 Operação do sistema de distribuição

A plataforma ENERsip pode oferecer quase em tempo real informações sobre geração distribuída e consumo de electricidade numa dada localidade, salientando os desvios do comportamento esperado e fornecendo informações precisas de curto prazo das fontes de produção de energia. Essas informações serão muito importantes para o DSO para o planeamento dos recursos de geração. No entanto, o impacto mais importante deste serviço é o de obter as condições necessárias para operar programas de *Demand Response*.

4. Sistema I-BECI

O principal objectivo desta dissertação é avaliar os serviços prestados pela I-BECI (por exemplo, se o sistema é capaz de identificar diferentes aparelhos, se o sistema é capaz de controlar aparelhos diferentes) e a fiabilidade das medições na rede eléctrica da EU (União Europeia). Contudo, antes de avaliar tais serviços e medições, o sistema I-BECI precisa ser devidamente integradas com o ADR EP-C (Dispositivo Final de Comunicação para o consumo - *Automated Demand Response End Point for Consumption*).

O principal objectivo desta etapa é verificar que a comunicação entre os dispositivos do sistema I-BECI (ou seja, modulo NILM, IR GW, Plugs e Sensores Conforto) e a ADR EP-C se encaixa nas especificações e funciona correctamente.

4.1 Ambiente de Teste

Esta seção descreve a configuração de teste para a integração I-BECI, e descreve os principais componentes de HW e SW. A Figura 7 apresenta o ambiente de teste para os componentes do sistema I-BECI.

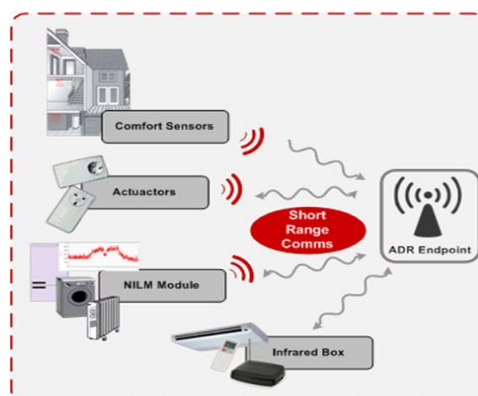


Figura 7 - Arquitectura I-BECI

4.1.1 Interface

O interface de gestão está disponível na forma de uma página *web*, localizado no servidor

interno do ADR EP, acessível através da rede sem fio M2M ou numa conexão Ethernet configurado manualmente para a porta física do ADR EP. Para a conexão Ethernet as configurações de rede a seguir deve ser usado no PC conectado à ADR-EP:

- ✓ Endereço IP Local: 192.168.1.x (onde x não é 1)
- ✓ Máscara de rede: 255.255.255.0

Depois de se conectar à rede sem fio (ou cabo Ethernet) a página web de administração pode ser acessado usando qualquer navegador *web*, com a URL: <http://192.168.1.1/cgi-bin/enersipcgi>

A página de configuração local permite a configuração local dos parâmetros ADR EP. Esta página é composta por quatro blocos (Figura 8):

- ✓ Lista dos dispositivos configurados na ADR EP. Ele permite remover manualmente um dispositivo específico de configuração interna da ADR EP.
- ✓ Adicionar novos dispositivos para a configuração ADR-EP. Ela permite a possibilidade de adicionar manualmente ou alterar a configuração do dispositivo.
- ✓ Parâmetros de rede Concentrador personalizado. Permite especificar um endereço personalizado, diferente do endereço padrão adquirido a partir da acordo DHCP.
- ✓ Parâmetros sem fio. Permite especificar os parâmetros da rede sem fio onde o ADR EP se deve conectar.

A imagem seguinte mostra o interface web:

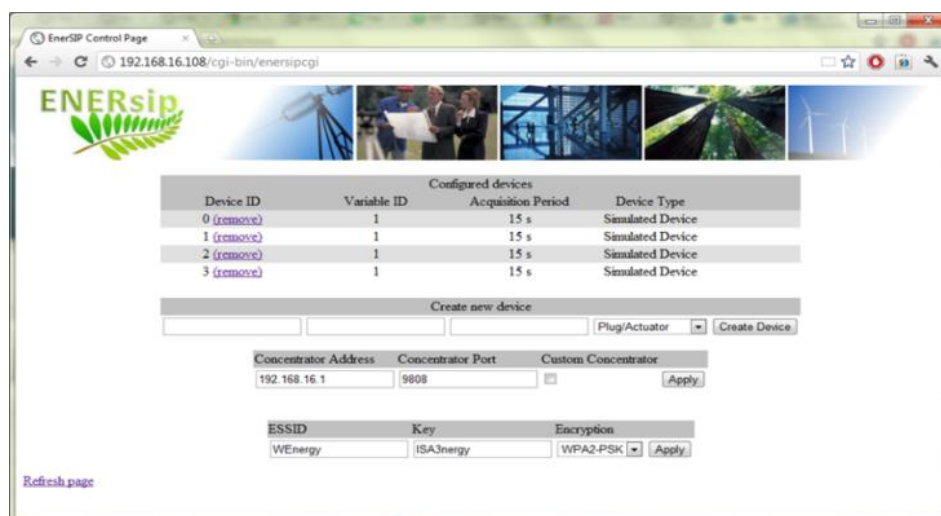
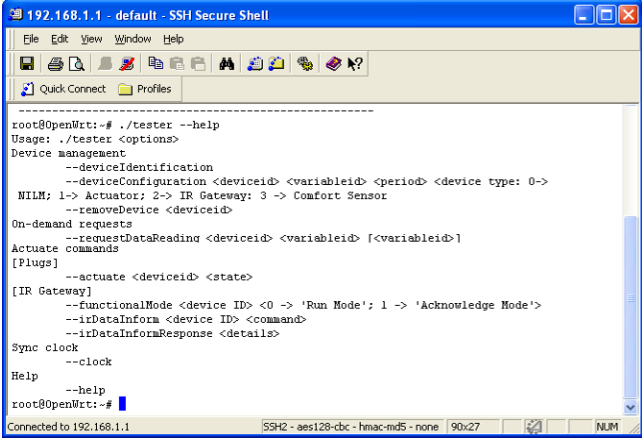


Figura 8 - Interface de Configuração

4.1.2 Software de Testes

A interface de gestão não inclui a capacidade de controlar equipamentos com a IR Box e de obter os dados recebidos na ADR EP. Para garantir tal operação com fins de teste, um software foi incluído no ADR EP (Figura 9), com as seguintes opções:

- ✓ Identificação de dispositivos;
- ✓ Configuração de dispositivos;
- ✓ Remoção de dispositivos;
- ✓ Leituras de dados;
- ✓ Accionar as plugs e a IR box;
- ✓ Sincronizar o relógio.



```
192.168.1.1 - default - SSH Secure Shell
File Edit View Window Help
Quick Connect Profiles
-----
root@openWrt:~# ./tester --help
Usage: ./tester <options>
Device management
  --deviceIdentification <deviceid> <variableid>
  --deviceConfiguration <deviceid> <variableid> <period> <device type: 0->
NILM: 1-> Actuator; 2-> IR Gateway; 3 -> Comfort Sensor
  --removeDevice <deviceid>
On-demand requests
  --requestDataReading <deviceid> <variableid> [<variableid>]
Actuate commands
[Plugs]
  --actuate <deviceid> <state>
[IR Gateway]
  --functionalMode <device ID> <0 -> 'Run Mode'; 1 -> 'Acknowledge Mode'
  --irDataInform <device ID> <command>
  --irDataInformResponse <details>
Sync clock
  --clock
Help
  --help
root@openWrt:~#
Connected to 192.168.1.1 SSH2 - aes128-ctr - hmac-md5 - none 90x27 NUM
```

Figura 9 - Software de Teste

4.2 Descrição e instalação dos Equipamentos

Nesta secção será descrita a infra-estrutura necessária para realizar os testes é a seguinte (Figura 7):

- ✓ **ADR EP** - ADR EP para I-BECI;
- ✓ **NILM** - Colocado na entrada de uma habitação medindo apenas um fluxo da corrente.
- ✓ **Plugs** - Dispositivos instalados nas tomadas da casa.
- ✓ **Sensores Conforto** - Temperatura/humidade e sensores de CO₂.
- ✓ **IR Box** - Caixa de controlo por infravermelhos capaz de enviar comandos aos aparelhos através de IR (Infravermelhos).

4.2.1 ADR EP

O ADR EP (Figura 10) é a principal porta de entrada de comunicações no interior do edifício. O ADR EP comanda todos os blocos em casa e permite a comunicação bidireccional com o resto da plataforma ENERsip, através do concentrador. Funciona tanto como um coordenador da rede ou como um comunicador, podendo transmitir dados recolhidos pelos sensores ao Sistema de Informação ou podendo enviar comandos vindos do Sistema de Informação para os sensores apropriados ou atuadores.

O ADR EP deve ser colocado no alcance da rede Wi-Fi do Concentrador de Wi-Fi e da rede Zigbee.



Figura 10 - ADR EP

4.2.2 Sensor NILM

Sensor NILM (figura 11) é um equipamento colocado a entrada da instalação em que vai medir a corrente consumida dentro do edifício onde o sensor está instalado. Como o sensor NILM está instalado à entrada da instalação apenas vai medir a corrente total consumida por todos os aparelhos. Devido à sua capacidade limitada este sensor é capaz de processar todas as leituras efectuadas mas torna-o incapaz de identificar qualquer aparelho individual, portanto, este sensor apenas enviará para o ADR EP amostras periódicas da corrente total consumida no edifício, as quais são analisadas no Sistema de Informação.

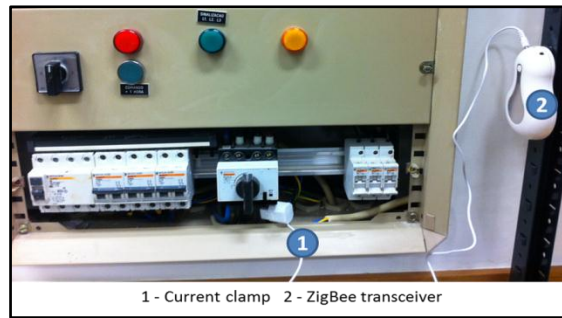


Figura 11 - NILM

4.2.3 Plugs

Este equipamento (Figura 12) está ligado a um dispositivo e funciona tanto como:

Actuador - a Plug recebe comandos provenientes do Sistema de Informação e das partes interessadas através ADR EP para mudar o seu estado (ON ou OFF).

Sensor - que mede os vários dados relativos ao aparelho conectado a plug e envia ao Sistema de Informação através de ADR EP.

Como um sensor

Este sensor, devido a sua localização, informa o sistema quando um aparelho específico está ligado e também envia dados relativos a esse aparelho específico. Este sensor, como o sensor NILM, vai enviar periodicamente amostras dos vários dados do aparelho de acordo com a configuração definida anteriormente. Em alternativa, podem ser solicitadas amostras ao sensor. Este tipo de sensor é capaz de medir a potência, tensão, energia, corrente, factor de potência, estado de actuação e frequência.

Como um actuador

Este dispositivo também pode actuar sobre o aparelho, o que resulta em mudar o estado do aparelho (ON ou OFF). Este recurso permite que o usuário final possa ligar ou desligar um aparelho específico, que esteja conectado a uma plug à distância, enviando a respectiva mensagem. A respectiva mensagem (ON ou OFF) será enviada até a plug que irá cortar ou ligar a energia ao aparelho conectado a plug.

Este dispositivo exige uma comunicação bidireccional a fim de funcionar correctamente para dar respostas as solicitações pedidas, quer para actuar o aparelho quer para ler os dados relativos ao aparelho no momento específico.

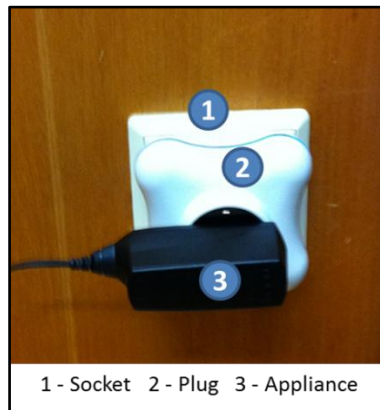


Figura 12 - Plugs

4.2.4 Sensores Conforto

Este equipamento é colocado em zonas específicas da casa e vai medir dados relativos à humidade, temperatura e concentração de CO₂ (Figura 13). Estes sensores, ao contrário de outros sensores, só vão enviar os dados periodicamente para o ADR EP. Portanto, esse tipo de sensores, como só enviam dados, só permite a comunicação unidireccional a partir deles para o ADR EP.

Mesmo não sendo ligado directamente ao aparelho de monitorização estes dispositivos podem influenciar o consumo de energia no edifício. Como exemplo, utilizando os sensores de temperatura, quando é detectado que a temperatura é muito alta vão ser tomadas acções para reduzir a temperatura que resultará, por exemplo, em ligar o ar condicionado.



Figura 13 - Sensores de CO₂ e Temperatura

4.2.5 IR Box

Este dispositivo (Figura 14), tal como os sensores de conforto, não estão directamente relacionados com o equipamento de monitorização, mas influenciam o seu estado, no sentido de que é possível mudar o estado de um equipamento através do envio de uma mensagem de IR. Seguindo o mesmo exemplo dado aos sensores de conforto: quando uma alta temperatura é detectada o sistema irá criar uma mensagem que vai enviar para a caixa IR, a fim de ligar o ar condicionado. Este tipo de dispositivos exige comunicação bidireccional para trabalhar uma vez que recebe e envia mensagens para transmitir comandos IR.

Este dispositivo tem dois modos de trabalho:

1. Modo de execução, quando se atua sobre os dispositivos
2. Modo de reconhecimento, quando o sistema aprende os comandos do aparelho.

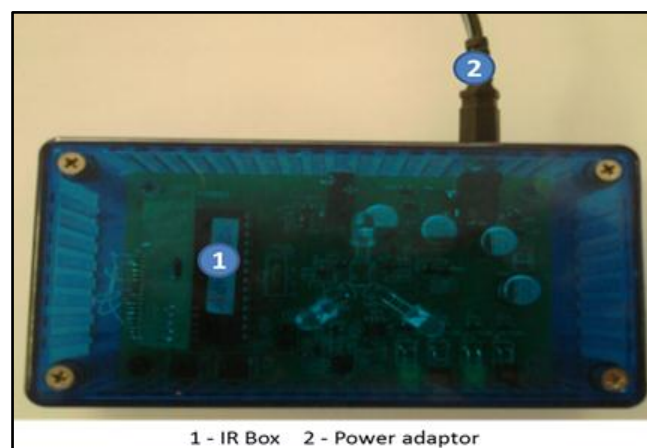


Figura 14 - IR Box

4.3 Monitorização

Depois de instalar e configurar dispositivos (cujo passos da instalação estão no anexo A), é possível acompanhar o resultado de todas as configurações, como foi antes referido, pode ser visto na URL: <http://192.168.1.1/cgi-bin/enersipcgi> como mostrado na Figura 15:

The screenshot displays the ENERSIP web interface. At the top left is the ENERSIP logo. Below it is a navigation bar with several images. The main content area is divided into three sections:

- Configured devices:** A table listing existing devices with their IDs, variable IDs, acquisition periods, and device types.

Device ID	Variable ID	Acquisition Period	Device Type
25014 (remove)	0	60 s	Comfort Sensor
	1	60 s	
25760 (remove)	0	60 s	Comfort Sensor
	1	60 s	
41804 (remove)	1 (Active Power)	60 s	Plug/Actuator ON/OFF
	32 (Visual Indicators)	60 s	
	5 (Power Factor)	60 s	
50072 (remove)	1 (Active Power)	60 s	Plug/Actuator ON/OFF
65220 (remove)	2 (RMS Current (Total))	60 s	NILM Sensor
- Create new device:** A form with fields for Device ID, Variable ID, Acquisition Period, and Device Type (a dropdown menu set to 'Plug/Actuator'). A 'Create Device' button is present.
- Concentrator configuration:** Fields for Concentrator Address (43.182.66.16), Concentrator Port (9808), and a checkbox for Custom Concentrator. An 'Apply' button is at the bottom right.
- ESSID configuration:** Fields for ESSID (EnerSIP), Key (EnerSIP.2011.10.07), and Encryption (WPA2-PSK). An 'Apply' button is at the bottom right.

A 'Refresh page' link is located at the bottom left of the interface.

Figura 15 - Configuração dos Dispositivos

4.4 Testes de Integração

Esta seção apresenta os testes relacionados à NILM, Plugs, Sensores de Conforto e IR Box (detecção de aparelho, solicitação de dados e aquisição de dados), com o objectivo de testar a:

- ✓ A comunicação entre o módulo NILM e o ADR EP-C;
- ✓ A comunicação entre os sensores de conforto e o ADR EP-C;
- ✓ A comunicação entre o ADR EP-C e a IR Box;
- ✓ A comunicação entre o ADR EP-C e as Plugs;
- ✓ Controlo de dispositivos usando a IR Box;
- ✓ Controlo de dispositivos usando as Plugs.

Todos os testes e as respectivas mensagens relevantes enviadas e recebidas a partir do testador de *software* estão descritos no Anexo B. Em todos os testes os aparelhos utilizados foram uma impressora, uma televisão e uma lâmpada de mesa.

Depois da realização dos testes de integração pode-se concluir que todos os testes definidos foram concluídos sem erros, comprovando a comunicação entre todos os dispositivos, e assim foi conseguido o objectivo já mencionado de controlo e comunicação entre os equipamentos do sistema I-BECI e o ADR EP-C.

5. Piloto de Consumo

O objectivo principal do Piloto de Consumo foi avaliar os serviços prestados pelo I-BECI. Foram efectuados diversos procedimentos de teste do sistema com a monitorização e controlo remoto de diversos tipos de equipamento. Pretendeu-se monitorizar os consumos associados a cada equipamento e comparar os valores obtidos com o sistema ENERSip. A fiabilidade das monitorizações na rede eléctrica da UE foi testada, a fim de comparar tais medições com os obtidos depois em Israel (ou seja, no piloto de demonstração), pois Israel é um sistema isolado, os níveis de qualidade de energia são mais baixos e assim por exemplo, tem-se maior flutuação na tensão o que influencia os valores das monitorizações. O piloto de consumo foi centralizado na detecção de problemas inesperados/erros dos dispositivos (ou seja, módulo NILM, IR Box, Plugs e Sensores Conforto) no sistema I-BECI e no ADR EP-C. Todos os problemas detectados foram relatados para o desenvolvimento, para evitar erros no piloto de demonstração.

5.1 Equipamentos de monitorização

Para avaliar a fiabilidade do sistema e comparar as medidas fornecidas pelo sistema ENERSip foram utilizados os equipamentos de monitorização (pinça multimétrica F05 e Power Meter-Wattam).

5.1.1 Pinça multimétrica F05

Este equipamento trata-se de uma pinça multimétrica, possibilita uma variedade de medidas, tais como (Figura 16):

- ✓ Corrente: 0,2A → 400A eff./600A de pico
- ✓ Tensão: 0,2 V → 600 V
- ✓ Potência: 5 W → 240 kW
- ✓ Precisão: ± 2%
- ✓ Factor de Potência: 0.2 → 1



Figura 16 - Pinça Multimétrica

- ✓ Frequência: 10 Hz → 19,99 kHz
- ✓ Resistência: 0,2 → 40 kW

Na função de ohmímetro, a tecla HOLD faz a compensação automática da resistência assegurando a exactidão das medidas sem ajustes complexos, igualmente quando no modo amperímetro DC, o instrumento corrige automaticamente o desvio na medida DC. Tal equipamento destinou-se a efectuar medições globais ao nível do NILM.

5.1.2 Power Meter- Wattman

O Wattman é uma tomada real que mede o consumo de energia utilizada quando se conecta directamente qualquer dispositivo ao medidor de energia (Figura 17), e pode medir:

- ✓ Corrente: 100 mA → 15 A ±0,4%
- ✓ Tensão: 80 V → 260 V ±0,3%
- ✓ Potência: 9mW → 3,75kW ±0,5%
- ✓ Factor de Potência: 0,001 → 1 ±0,5%
- ✓ Frequência: 30 → 1 kHz
- ✓ Energia: 9900 kWh



Figura 17 - Power Meter

Tal equipamento destinou-se a efectuaras medições localizadas ao nível das Plugs.

5.2 Caracterização das Cargas

Como o potencial de redução de consumo está dependente do tipo de cargas, então é importante saber qual é o seu comportamento, a que horas essas cargas estão ligadas e o peso que representam no diagrama de cargas quando estão em funcionamento. Cada tipo de equipamento apresenta horas de maior utilização de acordo com a sua função e utilidade, para estudar a redução de consumo é necessário ter em conta esses horários de utilização.

Grande parte do consumo no sector residencial está ligado a sistemas de frio (frigorífico, combinado e congelador), iluminação e máquinas de lavar e secar. Com excepção da iluminação, os sistemas de frio e máquinas de lavar e secar são cargas importantes a considerar na redução de consumo neste sector. De notar também o grande potencial existente

em eliminar consumos em *standby* e *off-mode* nos consumos em equipamentos de informática e equipamentos de audiovisuais (Figura 18).

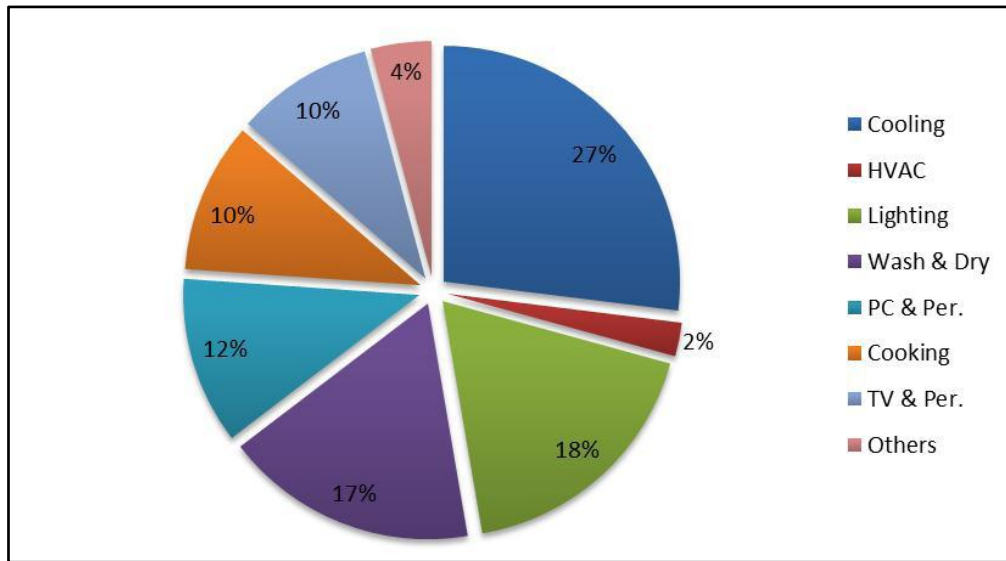


Figura 18 - Repartição dos Consumos de Electricidade pelos diferentes Usos Finais [REMODECE, 2008]

Cada vez mais se dá importância ao conforto nas habitações, pelo que é notório o crescente uso de equipamentos eléctricos. A energia eléctrica é uma forma cómoda de satisfazer as necessidades de energia, também por isso a aposta na eficiência destes equipamentos é cada vez mais importante.

Um aspecto importante para a optimização de consumos está relacionado com o horário de utilização de cada um dos equipamentos uma vez que, como o nível de consumo varia ao longo do dia, o potencial de poupança está dependente do horário de utilização.

O diagrama de carga horário para o sector residencial desagregado pelos principais usos finais, é ilustrado na figura 19. Esta figura revela que três das utilizações específicas de electricidade (equipamentos de frio, máquinas de lavar e secar, equipamentos informáticos e audiovisual).

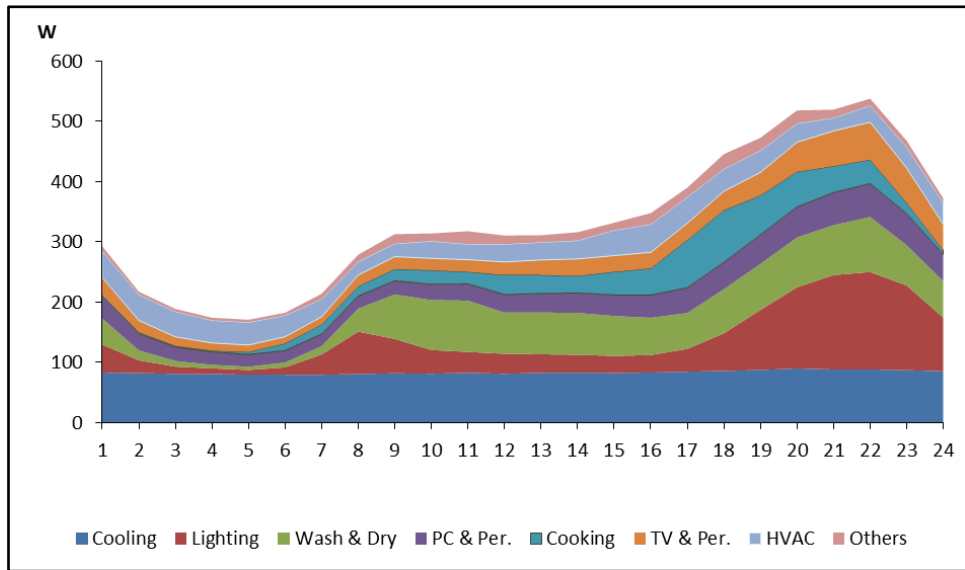


Figura 19 - Diagrama de Carga no sector Residencial - Dias Úteis [REMODECE, 2008]

5.2.1 Equipamentos de frio

O funcionamento dos equipamentos de frio é cíclico, em que uma parte do ciclo corresponde ao funcionamento à potência ajustada e a outra à paragem do compressor, como se visualiza na figura 20. Os equipamentos de frio – frigoríficos, combinados e arcas congeladoras – são responsáveis por cerca de 27% do consumo de energia eléctrica no sector residencial, sendo a taxa de posse dos frigoríficos e combinados de 35% e 79% respectivamente, e das arcas congeladoras de 50%. Os equipamentos de frio são cargas importantes em acções de *Demand Response*, pois a interrupção do seu ciclo de funcionamento por períodos curtos não irá provocar um aumento da temperatura significativo.

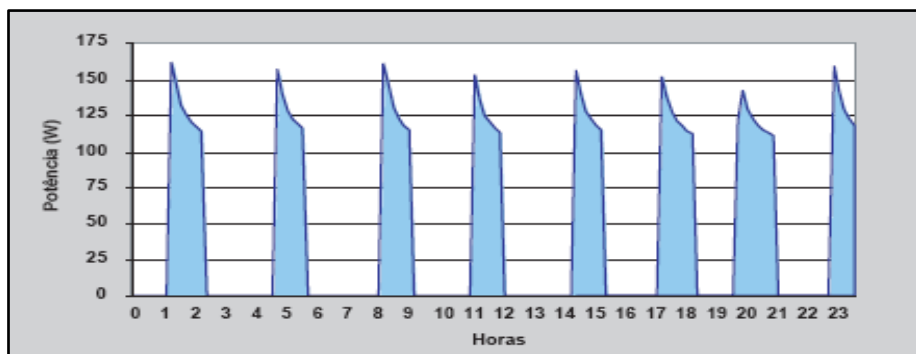


Figura 20 - Perfil de Funcionamento de Equipamentos de Frio

5.2.2 Equipamentos audiovisuais e informáticos

Tanto os equipamentos audiovisuais com uma taxa de posse bastante elevada no sector residencial, como os equipamentos informáticos que estão cada vez mais difundidos pelo sector residencial, têm uma taxa média de posse superior a 50%. No entanto, estas cargas dificilmente podem ser consideradas como cargas que possam ser alvo de acções de DSM de desvio de consumos ou de DR, no entanto, a grande maioria destes equipamentos apresenta consumos em modo *standby* elevados (Figura 21).

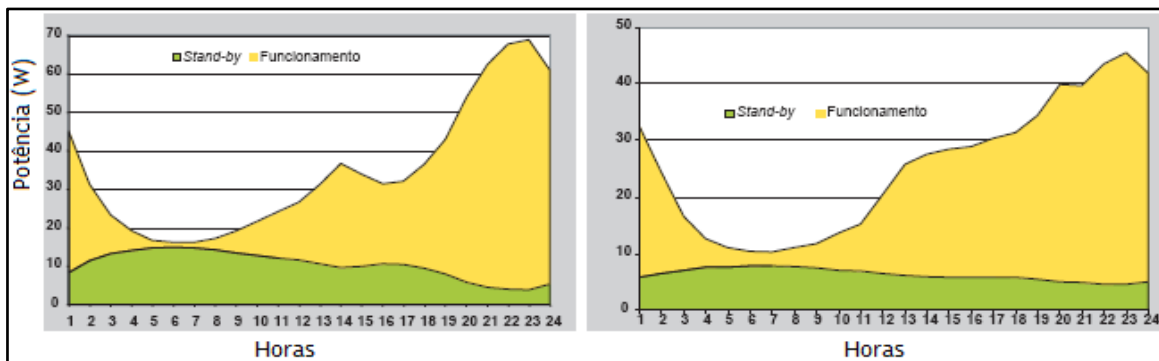


Figura 21 - Diagramas de carga médios de equipamentos Audiovisuais e Informáticos respectivamente

5.2.3 Máquinas de lavar e secar

Os equipamentos de lavar e secar (máquinas de lavar roupa, secar roupa e de lavar loiça) são responsáveis por cerca de 17% do consumo de energia eléctrica no sector residencial, sendo a taxa de posse das máquinas de lavar e secar roupa de 94% e 32% respectivamente, e das máquinas de lavar loiça de 61%.

Pode-se verificar que o padrão de consumo de energia está directamente relacionado com os ciclos diários dos utilizadores, ou seja, existem dois períodos distintos onde a grande maioria dos consumos é realizada: o período da manhã e o período da noite. Pode-se também verificar que durante o fim-de-semana este tipo de carga tem um pico de procura superior no período do meio-dia. (Figura 22).

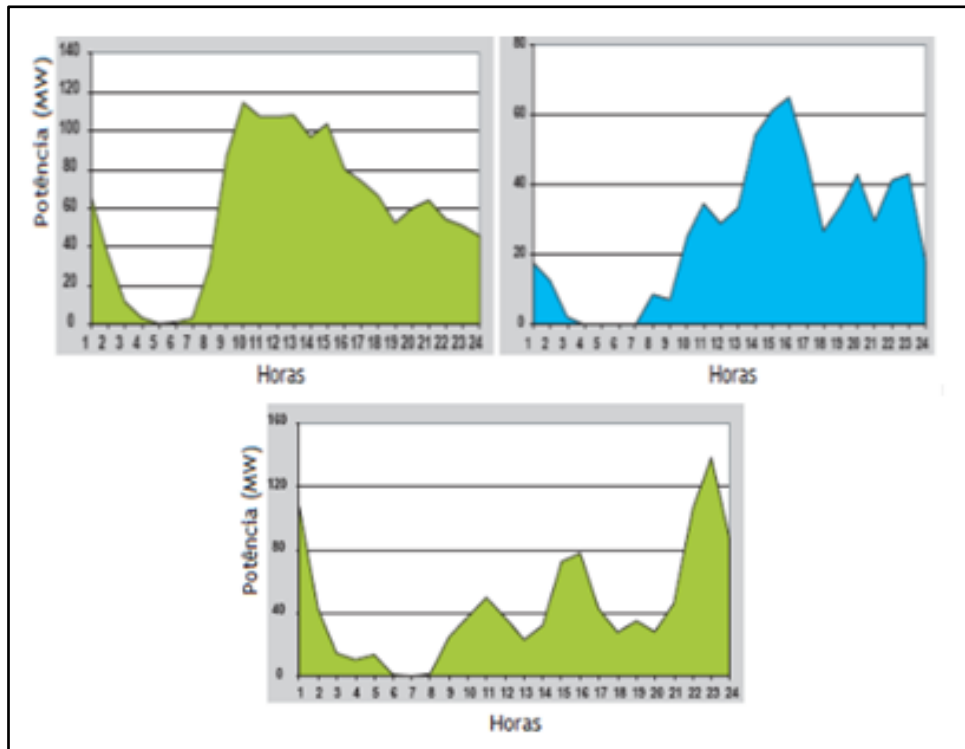


Figura 22 - Diagramas de carga médios das máquinas de lavar roupa, secar roupa e lavar louça respectivamente

5.2.4 Equipamentos de climatização

Estes equipamentos são responsáveis por uma parte significativa do aumento do consumo de energia eléctrica. A taxa de posse de equipamentos de ar condicionado tem aumentado consideravelmente nos últimos anos no sector residencial, devido ao aumento do poder de compra, a nível europeu a taxa de posse deste tipo de equipamento ainda não ultrapassa os 17%.

No entanto, este tipo de equipamento é considerado um dos alvos preferenciais nos programas de DSM, quer seja feita uma interrupção por breves instantes do seu funcionamento ou a modificação do set-point da temperatura, em períodos de grande procura de energia, ou mesmo em situações de emergência por forma a garantir a estabilidade do sistema.

5.3 Testes

O objectivo dos testes foi garantir que o sistema é capaz de medir o consumo, otimizar e controlar o funcionamento dos dispositivos.

Os principais testes que foram desenvolvidos são os seguintes:

- ✓ Consumo de energia de aparelhos;
- ✓ Consumo de energia dos pontos de consumo;
- ✓ Controlo manual de aparelhos;
- ✓ Controlo remoto de aparelhos com plug;
- ✓ Controlo remoto de aparelhos com IR.

Nos vários testes que foram realizados os resultados a serem avaliados são os seguintes:

- ✓ A diferença média em W;
- ✓ Erro médio em percentagem.

Em cada teste, a diferença entre as duas potências (W) foi avaliado, tendo como referência os valores fornecidos pelo equipamento de monitorização. Após os testes com aparelhos diferentes, a diferença média foi avaliada. Finalmente, tal valor foi convertido numa percentagem, obtendo-se o erro de medição.

Nos testes serão utilizados equipamentos mais comuns existentes numa habitação real que são importantes para este estudo. Equipamentos de lavar (máquinas de lavar louça e roupa) que são as cargas ideais para serem utilizadas em programas de DSM, equipamentos audiovisuais e informáticos também podem ser integrados no programa DSM pois apresentam um potencial muito elevado em relação aos consumos em *standby*. Os equipamentos de frio e o termoacumulador pois são equipamentos passíveis do programa *Demand Response*. Por fim, também serão utilizados alguns equipamentos que também são importantes no consumo de uma habitação, como microondas, máquina de café, ferro de engomar e extractor de fumos.

5.3.1 O consumo de energia de aparelhos

Um aparelho no sistema foi activado manualmente, o NILM identificou o consumo de energia desse aparelho e enviou-o para o ADR EP. Ao mesmo tempo, um equipamento de monitorização estava ligado à tomada onde o aparelho era usado (Power Meter) e outro no quadro junto ao NILM (Pinça multimétrica). O consumo de energia obtido pelo NILM foi comparado com o consumo de energia obtido pelo equipamento de monitorização. O consumo obtido com o equipamento de monitorização foi usado para determinar a fiabilidade da monitorização apresentada pelo NILM. Este teste foi repetido várias vezes com diferentes aparelhos.

Tabela 1 - Teste nº1: Consumo de energia dos aparelhos

Teste nº 1- Power Meter\NILM	Power Meter	NILM		Pinça	NILM	
	Pot. (W)	Pot. (W)	Diferença	Pot. (W)	Pot. (W)	Diferença
Microondas	1094	1260,4	-166,4	1670	1491,32	178,68
Ferro engomar	1775	1840	-65	1824	1837,93	-13,93
Máq. Café	1231	1212,1	18,9	1223	1201,29	21,71
Extractor de fumos	127,3	92	35,3	149	119,6	29,4
Router	3,98	0	3,98	12	26,91	-14,91
Computador	125,3	131,79	-6,49	83	174,8	-91,8
Máq. Lavar Loiça	54,3	57,73	-3,43	68	112,7	-44,7
Máq. Lavar Roupa	59,84	55,2	4,64	66	117,3	-51,3
TV + Settop Box	49,36	58,88	-9,52	50,1	166,52	-116,42
Dvd	13,48	0	13,48	25	59,34	-34,34
Combinado	30,98	0	30,98	52	140,3	-88,3
Congelador	133,8	211,6	-77,8	148	220,8	-72,8
Termoacumulador	1174	1136,2	37,8	1156	1136,2	19,8
Aquecedor	1872	1899,8	-27,8	1995	1933,84	61,16
	7744,34	Soma	-211,36	8521,1	Soma	-217,75
		Dif. Média	-15,097		Dif. Média	-15,554
		Erro médio	-3%		Erro médio	-3%

Resultados:

Como o equipamento de monitorização mede efectivamente a potência activa (P) e o NILM mede potências aparentes (S), considerando uma tensão fixa, obrigatoriamente regista-se sempre um erro quando o factor de potência não é unitário.

Neste teste em concreto, para aparelhos em que o factor de Potência e igual a 1 a precisão dos valores entre os aparelhos e elevada. Conforme o factor de potência e a potência dos aparelhos vai variando as diferenças de valores entre os aparelhos também se alterou (Tabela 1). Como os equipamentos de maior potência têm factor de potência elevado, tal leva a que o erro médio encontrado seja reduzido (3%).

5.3.2 O consumo de energia dos pontos de consumo

Um grupo de aparelhos foi activado manualmente, o que representou um ponto de consumo, o NILM registou o consumo e enviou-o para o ADR EP. Ao mesmo tempo, o equipamento de monitorização estava ligado ao quadro de distribuição do ponto de consumo. O consumo de energia obtido pelo NILM foi comparado com o consumo de energia obtido pelo equipamento de monitorização. O consumo obtido pelo equipamento de monitorização foi usado para determinar a fiabilidade da medida apresentada pelo NILM. Este teste foi repetido várias vezes com diferentes grupos aparelhos.

Tabela 2 - Teste n°2: Consumo de energia dos pontos de consumo

Teste n° 2- Pinça Multimétrica\NILM	Pinça	NILM	Diferença
	Potencia (W)	Potencia (W)	
Router + PC + Extractor Fumos	217	201,48	15,52
Router + PC + Extractor Fumos + Microondas	1283	1474,3	-191,3
Router + PC + Extractor Fumos + Ferro engomar	2059	2102,2	-43,2
Máq. Café + Microondas	2218	2501,48	-283,48
Microondas + Ferro engomar	2852	3037,15	-185,15
Aquecedor + Ferro engomar	3571	3717,72	-146,72
Router + PC + Extractor Fumos + Aquecedor + Ferro engomar	3761	4085,72	-324,72
Aquecedor + Ferro engomar + Microondas	4045	4143,22	-98,22
Aquecedor + Ferro engomar + Microondas + Router + PC + Extractor fumos	4261	4512,6	-251,6
Aquecedor + Ferro engomar + Microondas + Máq. Café	5033	6336,04	-1303,04
	29300	Soma	-2811,91
		Diferença Média	-281,191
		Erro médio	-10%

Resultados:

O NILM tem uma precisão elevada para valores de corrente entre 0.5 e 15A. Neste teste notou-se que a precisão começa a reduzir quando nos se afasta desses valores, o que se nota claramente pelos valores apresentados (Tabela 2).

5.3.3 Controlo manual de aparelhos

Tendo como ponto de partida um grupo de aparelhos ligado no sistema, representado assim um ponto de consumo, o NILM registou o consumo de energia do ponto de consumo e enviou-o para o ADR EP. Ao mesmo tempo, o equipamento de monitorização estava ligado ao quadro de distribuição do ponto de consumo. A comutação manual de um aparelho mudou o estado do aparelho e do consumo de energia global. O sistema deverá ser capaz de identificar a mudança de estado e o novo consumo de energia. O consumo de energia obtido pelo NILM foi comparado com o consumo de energia obtido pelo equipamento de monitorização. O consumo obtido pelo equipamento de monitorização foi usado para determinar a fiabilidade da medida apresentada pelo NILM. Este teste foi repetido várias vezes com diferentes grupos electrodomésticos e comutando aparelhos diferentes.

Resultados:

- ✓ Quando se mede um ponto de consumo em que os aparelhos são todos de potências pequenas, ao desligar qualquer aparelho nota-se a diferença de consumo mas a precisão é baixa;
- ✓ Quando se mede um ponto de consumo em que existe aparelhos de potência pequena e aparelhos de potência maiores, ao desligar um aparelho de potência pequena a diferença de consumos não se faz notar;
- ✓ Quando o ponto de consumo medido os aparelhos são todos de potências significantes ao desligar um aparelho a diferença de consumo nota-se perfeitamente.
- ✓ Este teste leva a um erro médio encontrado de 13% e uma diferença média de 74,992 W como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Teste nº3: Interruptor manual de aparelhos

Teste nº3- Pinça Multimétrica\NILM	Pinça	NILM	
	Potência (W)	Potência (W)	Diferença
Router + PC + Extractor Fumos	166	155,71	
PC + Extractor Fumos	143	147,66	14,95
Router + PC + Extractor Fumos	164	155,94	
Router + Extractor Fumos	118	137,54	27,6
Router + PC + Extractor Fumos	166	155,02	
Router + PC	46	115,23	80,21
Router + Extractor Fumos + Microondas	1167	1315,37	
Extractor Fumos + Microondas	1151	1311,46	12,09
Router + Extractor Fumos + Microondas	1164	1311,92	
Router + Microondas	1012	1123,32	-36,6
Router + Extractor Fumos + Microondas	1166	1314,22	
Router + Extractor Fumos	118	121,21	-145,01
Aquecedor + Máq. Café + Microondas	3779	4102,74	
Máq. Café + Microondas	2169	2402,58	-90,16
Aquecedor + Máq. Café + Microondas	3774	4098,6	
Aquecedor + Microondas	2685	2963,32	-46,28
Aquecedor + Máq. Café + Microondas	3771	4098,37	
Aquecedor + Máq. Café	2861	2963,32	-225,05
	52847	Soma	-974,9
		Diferença Média	-74,992
		Erro médio	-13%

5.3.4 Controlo remoto de aparelhos com plug

Tendo como ponto de partida um grupo de aparelhos ligado no sistema, representado assim um ponto de consumo, o NILM registou o consumo de energia do ponto de consumo e enviou-o para o ADR EP. Ao mesmo tempo, o equipamento de monitorização estava ligado ao quadro de distribuição do ponto de consumo. Foi então usada uma plug controlável para comutar um aparelho remotamente, o que implica a alteração do estado do aparelho e do consumo de energia global. O sistema deveria ser capaz de identificar a mudança de estado e o

novo consumo de energia. O consumo de energia obtido pelo NILM foi comparado com o consumo de energia obtido pelo equipamento de monitorização. O consumo obtido pelo equipamento de monitorização foi usado para determinar a fiabilidade da medida apresentada pelo NILM. Este teste foi repetido várias vezes com diferentes electrodomésticos e aparelhos de comutação diferentes.

Tabela 4 - Teste nº4: Accionamento remoto de aparelhos com Plug

Teste nº4- Pinça Multimétrica\NILM	Pinça	NILM	Diferença
	Potência (W)	Potência (W)	
Router + PC + Extractor Fumos	169	170,43	
PC + Extractor Fumos	158	168,82	
Router + PC + Extractor Fumos	170	169,74	-11,08
Router + Extractor Fumos	118	120,52	
Router + PC + Extractor Fumos	156	170,2	11,68
Router + PC	66	117,3	
Router + PC + Extractor Fumos	167	169,74	-48,56
Router + Extractor Fumos + Microondas	1208	1325,26	
Extractor Fumos + Microondas	1202	1308,47	
Router + Extractor Fumos + Microondas	1215	1325,72	4,25
Router + Microondas	1023	1177,6	
Router + Extractor Fumos + Microondas	1208	1319,05	-43,55
Router + Extractor Fumos	164	163,3	
Router + Extractor Fumos + Microondas	1211	1348,03	137,73
Aquecedor + Máq. Café + Microondas	3825	4103,89	
Máq. Café + Microondas	2303	2348,3	
Aquecedor + Máq. Café + Microondas	3809	4051,22	196,92
Aquecedor + Microondas	2761	3022,2	
Aquecedor + Máq. Café + Microondas	3834	4038,8	-56,4
Aquecedor + Máq. Café	2936	3015,3	
Aquecedor + Máq. Café + Microondas	3821	4011,2	110,9
	60936	Soma	656,12
		Diferença Média	45,008
		Erro médio	-8%

Resultados:

Neste teste teve-se 3 situações diferentes:

- ✓ Quando se mede um ponto de consumo em que os aparelhos são todos de potências pequenas, ao desligar qualquer aparelho nota-se a diferença de consumo mas a precisão é baixa;
- ✓ Quando se mede um ponto de consumo em que existe aparelhos de potência pequena e aparelhos de potência maiores, quando desligamos um aparelho de potência pequena a diferença de consumos não se faz notar;
- ✓ Quando no ponto de consumo medido os aparelhos são todos de potências significantes ao desligar um aparelho a diferença de consumo nota-se perfeitamente.
- ✓ Neste caso tanto o erro médio (8%) como a diferença média (45,008 W) são menores do que no teste anterior, como apresentado na Tabela 4.

5.3.5 Controlo remoto de aparelhos com IR

Tendo como ponto de partida um grupo de aparelhos ligado no sistema, representado assim um ponto de consumo, o NILM registou o consumo de energia do ponto de consumo e enviou-o para o ADR EP. Ao mesmo tempo, o equipamento de monitorização estava ligado ao quadro de distribuição do ponto de consumo. Usando a caixa de IR para comutar um aparelho á distância (ON/OFF), alterou-se o estado do aparelho e do consumo de energia global. O sistema deverá ser capaz de identificar a mudança de estado e o novo consumo de energia. O consumo de energia obtido pelo NILM foi comparado com o consumo de energia obtido pelo equipamento de monitorização. O consumo obtido pelo equipamento de monitorização foi usado para determinar a fiabilidade da medida apresentada pelo NILM. Este teste foi repetido várias vezes com diferentes electrodomésticos e aparelhos de comutação diferentes.

Resultados:

Para valores de potência pequenos quando se desliga um aparelho com a IR Box, a diferença de consumo medido pelo NILM não tem grande precisão. Para valores de potência maiores, ao desligar um aparelho com o NILM a diferença de consumo medido pelo NILM nota-se

perfeitamente. Neste teste o erro médio encontrado foi de 11%, como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Teste nº5: Accionamento remoto de aparelhos com IR

Teste nº5- Pinça Multimétrica\NILM	Pinça	NILM	Diferença
	Potência (W)	Potência (W)	
Router + PC + TV	81	126,5	
Router + PC	41	108,1	21,6
PC + Extractor Fumos + TV	197	209,07	
PC + Extractor Fumos	153	140,07	-25
Aquecedor + TV	1927	1972,94	
Aquecedor	1881	1907,39	-19,55
Router + PC + DVD	72	24,84	
Router + PC	35	4,6	16,76
PC + Extractor Fumos + DVD	171	155,71	
PC + Extractor Fumos	149	120,52	-13,19
Aquecedor + DVD	1814	1863	
Aquecedor	1811	1858,4	-1,6
	8332	Soma	-20,98
		Diferença Média	3,497
		Erro médio (%)	-11%

6. Análise aos resultados alcançados

Foram efectuados vários testes reais na habitação para que se possa tirar algumas conclusões sobre potenciais de poupanças que poderiam ser implementadas ao aplicar as funções da plataforma ENERSip (Tabela 6).

Tabela 6 - Testes realizados a Habitação

Pinça Multimétrica\NILM	Pinça Multimétrica		NILM	
	Corrente (A)	Potência (W)	Corrente (A)	Potência (W)
Situação 1	3,24	582	3,186	732,78
Desligar Frigorífico	2,76	521	2,273	522,79
		61		
Situação 2	2,3	448	2,328	535,44
Desligar Combinado	1,51	310	1,575	362,25
		138		
Situação 3	3,31	573	3,219	740,37
Desligar Arca Congeladora	2,32	430	2,273	522,79
		143		
Situação 4	2,23	336	2,273	522,79
Ligar Máq. Lavar Roupa	2,59	396	2,657	611,11
Desligar Máq. Lavar Roupa	2,22	332	2,16	496,8
		62		
Situação 5	1,29	201	1,32	303,6
Ligar Máq. Lavar Loiça	1,54	246	1,57	361,1
Desligar Máq. Lavar Loiça	1,28	197	1,298	298,54
		47		
Situação 6	2,81	379	2,792	642,16
Desligar <i>Standby</i> Equip. Áudio Visual	2,72	340	2,714	624,22
		39		
Situação 7	2,75	344	2,752	632,96
Desligar <i>Standby</i> Equip. Informáticos	2,72	335	2,721	625,83
		9		
Situação 8	1,15	261	0,967	222,41
Ligar Termoacumulador	5,33	1275	5,593	1286,39
Desligar Termoacumulador	1,06	241	0,965	221,95
		1024		
Consumo Médio	8,65	1817	8,634	1985,82

Equipamentos ligados em cada cenário:

- ✓ Situação 1: Arca congeladora, Frigorífico, 1 Lâmpada fluorescente, TV;
- ✓ Situação 2: Combinado, TV, Settop Box, Router, Extractor de Fumos, Iluminação;
- ✓ Situação 3: Arca congeladora, Combinado, 2 Lâmpadas fluorescentes;

- ✓ Situação 4: Combinado, Arca congeladora, Router,
- ✓ Situação 5: Combinado, Arca congeladora, Router, TV, Settop Box;
- ✓ Situação 6: Combinado, Arca congeladora, Iluminação, TV Settop Box, TV, leitor de DVD;
- ✓ Situação 7: Computador, Impressora, Colunas, Router, Iluminação Combinado, Arca congeladora
- ✓ Situação 8: Combinado, Iluminação, PC
- ✓ Situação 9: Combinado, Arca congeladora, Router, TV, Settop Box, Iluminação, PC, Extractor de Fumos, Termoacumulador;

Depois de todos os testes realizados com sucesso ao I-BECI no capítulo anterior pode-se concluir que o sistema tem a capacidade de monitorização e controlo remoto de cargas. É assim possível efectuar a reprogramação horária de cargas, detecção e redução de consumos em cargas com elevado consumo *standby* ou controlo de cargas que possam ser desligadas em pequenos períodos em que a fiabilidade do sistema esteja em causa. Neste panorama depois da análise dos testes realizados, as cargas que são passíveis de controlo são os equipamentos de lavar e secar, consumos em *standby* dos equipamentos informáticos e audiovisuais e por fim os equipamentos de frio doméstico, climatização e aquecimento de águas.

6.1 Equipamentos de Lavar e Secar

Os equipamentos de lavar (máquinas de lavar louça e roupa) e também equipamentos de secar são as cargas ideais para serem utilizadas em programas de DSM onde seja pedido o desvio de consumos.

De um estudo através de um projecto [REMODECE, 2008] em que envolveu vários países europeus, estes equipamentos tem uma utilização mais intensa nos períodos de horas cheias chegando a ser superior a 60%, e em horas de ponta com uma utilização de 30%. Durante o fim-de-semana, estes encontram-se repartidos de uma forma mais equilibrada, sendo os consumos em vazio cerca de 53% e em horas cheias de 47%.

A reparametrização horária destas cargas não leva a que ocorram reduções em termos de consumo de energia, mas sim de custos. Num estudo anterior, no âmbito do projecto ENERsip [Nogueira, 2011], concluiu-se que estas cargas têm um consumo médio de 466,2 kWh/ano, e que com a utilização do sistema é possível passar de 60,8 €/ano para 51,5€/ano, o que representa uma redução de 15,3%.

No caso agora em estudo e da tabela 6 pode-se verificar que a potência das máquinas de lavar na habitação de teste é de 109 W o que denota um valor muito baixo. Uma máquina de lavar roupa tem uma potência média de 900 W e a uma máquina de lavar louça tem uma potência média de 2000 W, o que somadas perfaz uma potência de 2900 W. Considerando que se efectua 2 lavagens semanais para a máquina de lavar louça e para a máquina lavar roupa, em que cada lavagem tem uma duração média de 1 hora temos um consumo de 301,6 kWh/ano.

Quando se aplica o programa de DSM (Tabela 7), num caso extremo em que se desvia a utilização destes equipamentos das horas de ponta para as horas de vazão consegue-se uma redução de custos de 26,4 €/ano, equivalente a 48,8%.

Tabela 7 - Factura energética para Equipamentos de Lavar e Secar

	kWh/ano	€/Ano	kWh/ano	€/Ano
	Situação actual		Programa de DSM	
Pontas	301,6	51,5	0	0
Vazias	0	0	301,6	25,1
Total		51,5		25,1

Para o cálculo dos custos associados as facturas energéticas, para simplificação de cálculos, foi considerada a actual tarifa tri-horária em vigor, com ciclo semanal e horário de inverno.

6.2 Equipamentos Audiovisuais

Equipamentos audiovisuais não podem ser integrados no grupo de cargas que podem ser alvo de programas de DSM, que impliquem desvios de consumos ou interrupções no seu funcionamento. De qualquer modo, apresentam um potencial muito elevado em relação aos consumos em *standby* e *off-mode*.

No estudo anterior [Nogueira, 2011], estes equipamentos com a eliminação do *standby* obtiveram uma redução no consumo de 253,8 kWh/ano para um consumo de 218,3 kWh/ano, o que representa uma redução de aproximadamente 14%.

No caso em estudo estimou-se que nos dias úteis as horas em *standby* destes equipamentos são 19 horas e que ao fim de semana as horas em *standby* e de 14 horas, o que representa uma redução no consumo de 250,19 kWh/ano como verificado na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo de energia para Equipamentos Audiovisuais

		Horas/dia	kWh/ano	€/Ano
Dias uteis	Pontas	2,5	25,45	4,34
	Cheias	9,5	96,70	13,94
	Vazias	7	71,25	5,94
Fim-de-semana	Cheias	0	0	0
	Vazio	14	56,78	4,73
Total			250,19	28,95

Neste caso, para este grupo de equipamentos com a redução de consumo de 250,19 kWh/ano representa uma redução de custos de 28,95 €/ano.

6.3 Equipamentos Informáticos

O caso dos equipamentos informáticos é em tudo semelhante ao dos audiovisuais, ou seja, esta classe de equipamentos não se adequa a medidas de DSM de desvio ou corte de consumos, encontrando-se o seu potencial na eliminação de consumos em *standby* e *off-mode*, com o objectivo de reduzir consumos.

No estudo anterior [Nogueira, 2011], estes equipamentos com a eliminação do *standby* obtiveram uma redução no consumo de 308,9 kWh/ano para um consumo de 258,1 kWh/ano o que representa uma redução de aproximadamente 17%.

No caso em estudo estimou-se que nos dias uteis as horas em *standby* destes equipamentos são 19 horas e que ao fim de semana as horas em *standby* e de 14 horas, o que representa uma redução no consumo de 57,74 kWh/ano, como verificado na Tabela 9.

Tabela 9 - Consumo de energia para Equipamentos Informáticos

		Horas/dia	kWh/ano	€/ano
Dias uteis	Pontas	2,5	5,87	1
	Cheias	9,5	22,32	3,22
	Vazias	7	16,44	1,37
Fim-de-semana	Cheias	0	0	0
	Vazio	14	13,10	1,09
	Total		57,74	6,68

Neste caso, para este grupo de equipamentos com a redução de consumo de 57,74 kWh/ano representa uma redução de custos de 6,68 €/ano.

6.4 Equipamentos passíveis de programas de *Demand Response*

O controlo de equipamentos de frio terá que ter uma duração reduzida, como por exemplo, em resposta a um sinal de emergência por parte da rede. É importante garantir que a duração do período de controlo garanta que a temperatura interior destes equipamentos não atinja um valor que ponha em risco a conservação dos alimentos, por isso, um período de 30 minutos a uma hora não irá provocar um aumento da temperatura muito significativo nem a deterioração dos alimentos.

O controlo destas cargas numa situação de emergência poderá revelar-se determinante, isto porque o sistema poderá colocar estes equipamentos fora de serviço, dando tempo à rede para, por exemplo fazer o arranque de uma central de produção ou numa situação de possível colapso do sistema fazer uma redução na procura de energia.

No estudo anterior determinou-se para estes equipamentos uma potência média pedida a rede de 37,9 W para os frigoríficos, 51,9 W para os combinados e 57,6 W para as arcas congeladoras, o que a nível de Portugal numa situação de emergência, a potência libertada através do controlo directo destas cargas, se fossem usados todos os equipamentos de frio, seria de 319 MW.

No caso em estudo, além dos equipamentos de frio foi acrescentado um termoacumulador que como os equipamentos de frio, a acção de colocar esta carga fora de serviço durante 30 minutos não implica um arrefecimento substancial da água e vai levar a uma elevada redução da potência.

Tabela 10 - Potência pedida a rede dos Equipamentos de Frio e do Termoacumulador

	Potência (W)
Frigorífico	61
Combinado	138
Arca Congeladora	143
Termoacumulador	1024
Total	1366

Pode-se concluir da Tabela 10 que só o desligar os equipamentos de frio e o termoacumulador durante um curto período de tempo leva a uma redução da carga de 1366 W, o que é 19,8% da ponta contratada da habitação (potência contratada de 6,9kVA) e 75,2% da ponta num cenário médio (Tabela 6).

O piloto demonstrou a possibilidade que os clientes têm de controlar diferentes tipos de cargas e de assim minimizar os custos de energia, sem reduzir o conforto do utilizador, usando o sistema ENERSip. O piloto de consumo garantiu que o sistema é capaz de fornecer todos os serviços para garantir a optimização e economia de energia.

7. Conclusões e Trabalhos Futuros

7.1 Conclusões

Tipicamente a evolução do sector eléctrico tem sido feita no sentido de adaptar a oferta a procura, ou seja, investindo na construção de novas centrais eléctricas. Na actualidade a maioria dos consumidores não tem qualquer participação activa na produção de energia eléctrica e muito menos na gestão das redes eléctricas.

Com a evolução dos mercados eléctricos e com o aparecimento e desenvolvimento de tecnologias, as redes eléctricas do futuro terão de evoluir no sentido de permitir aos utilizadores desempenharem um papel activo, como produtores de energia eléctrica, na gestão do consumo e no seu controlo.

Nesse contexto é essencial dispor de sistemas de monitorização de consumos e controlo de cargas para evitar consumos desnecessários e permitir o controlo automático dos vários equipamentos para optimização dos consumos e adaptação à geração local de energia.

O primeiro objectivo da dissertação foi a realização dos testes, e assim verificar a comunicação entre todos os dispositivos. Como resultado todos os testes foram bem-sucedidos e concluídos sem erros. Através da realização desses testes foi fornecida à equipa de desenvolvimento várias sugestões, que garantiram várias alterações ao nível do funcionamento dos equipamentos e do interface de utilização. Também foram feitas várias correcções e adicionadas várias fotos da instalação ao manual, para fornecer no futuro aos utilizadores externos todas as informações necessárias para uma fácil instalação dos dispositivos do I-BECL.

O segundo e principal objectivo da dissertação foi a realização de vários testes com o objectivo de garantir que o sistema é capaz de medir o consumo, otimizar e controlar o funcionamento dos dispositivos, assim como avaliar o seu desempenho. Os dois primeiros testes realizados, consumo de energia dos aparelhos e consumo de energia dos pontos de consumo foram realizados com o objectivo de testar as medidas registadas pelo NILM. O terceiro teste, controlo manual de aparelhos, teve como principal objectivo perceber como o NILM reagia as várias mudanças de consumo. O teste seguinte, accionamento remoto de

aparelhos com plugs, teve como principal objectivo testar o controlo das plugs. Por fim o ultimo teste realizado, accionamento remoto de aparelhos com IR, em que o objectivo era testar o controlo através da IR Box. Todos estes testes foram realizados com os objectivos descritos e para além da utilização destes equipamentos, foram utilizados equipamentos de medida já certificados para assim se poder avaliar as diferenças e erros médios.

Em relação ao NILM, para valores de corrente entre os 0,5 e os 15 A os resultados apresentam uma boa precisão, com uma diferença média de -15,554 W e um erro médio de 3%. Fora desta gama de valores, conforme nos vamos distanciando a precisão vai diminuindo, obtendo-se uma diferença média de -281,191 W e um erro médio de 10%.

Em relação as Plugs, o principal objectivo era comutar (ON e OFF) remotamente os equipamentos ligados as plugs, e nesse aspecto este equipamento funcionou na perfeição. Foram também realizadas várias medições (por ex. corrente, tensão, frequência e factor de Potência), na perspectiva de verificar se os resultados que estas apresentam (como funcionalidade adicional) eram fiáveis e se assim poderiam ser usados para aumentar a fiabilidade do sistema. Tal não se verificou uma vez que o erro médio em percentagem das medições realizadas com as plugs foi de 78% (Anexo C, Teste nº1).

Em relação a IR Box o objectivo era comutar aparelhos a distancia através de infravermelhos e conseguiu-se realizar esse teste perfeitamente com a TV e com o DVD. No início da realização do teste com a IR Box o principal objectivo era controlar os equipamentos de AVAC pois é um equipamento importante na gestão de cargas. Por problemas de construção, pois os protocolos dos AVAC são mais complexos do que na TV, ou seja, o AVAC usa comandos de tamanho muito maiores que os das TV e aparentemente a IR Box não consegue aguentar esses comandos.

Numa conclusão global os testes foram realizados com sucesso, o sistema conseguiu desempenhar os serviços pretendidos e com erros médios em percentagem aceitáveis e de uma forma geral já esperados.

Depois de realização dos testes em que se comprovou a comunicação entre todos os aparelhos e se avaliou a fiabilidade das medidas, foi feita uma simulação numa habitação real em que foi testada a operação do sistema de forma a proporcionar melhorias de eficiência no consumo.

No estudo realizado, em termos individuais por classe de equipamento, a implementação do sistema conduzirá a reduções na ordem dos 48,8% no custo associado ao consumo de energia por parte dos equipamentos de lavar. Relativamente a eliminação de consumos em *standby* e *off-mode*, para os equipamentos audiovisuais foi possível uma redução do consumo de 250,19 kWh/ano o que representa uma redução de custos de 28,95 €/ano e para os equipamentos informáticos foi possível uma redução de consumo de 57,74 kWh/ano representa uma redução de custos de 6,68 €/ano.

Após a sua implementação, e concretizadas as medidas de desvio de cargas, reparametrização de set-points e eliminação de consumos em *standby*, o consumidor final consegue uma redução da factura energética de 307,92 kWh/ano o que significa cerca de 60,76 €/ano, o que se deve principalmente à eliminação dos consumos *standby*. Se a este valor se retirar o consumo anual do sistema que é cerca de 69,2 kWh/ano, o consumidor final consegue uma redução da factura energética de 238,72 kWh/ano.

Através do projecto REMODECE, conseguimos chegar a um valor médio de consumo para uma habitação com as mesmas semelhanças e com os mesmos equipamentos instalados de cerca de 3091 kWh/ano, o que em termos globais a implementação do sistema levará a uma redução na ordem dos 8% de energia consumida o que significa uma redução na factura eléctrica de cerca de 8%, ou seja, cerca de 55,90 €/ano.

Em relação aos equipamentos de frio e o termoacumulador o deslastre destas cargas significa uma potência libertada de 75,2% da ponta média, o que é um recurso muito importante para utilizar em programas de *Demand Response*, com as inerentes vantagens económicas para o consumidor.

Em termos de rentabilidade económica, não sabendo o preço e admitindo um tempo máximo de retorno do equipamento de 3 anos, pode-se concluir que o preço máximo do sistema para ser rentável é de 167,7 €.

Como conclusão final pode-se concluir que o projecto ENERsip poderá trazer várias vantagens ao consumidor final, nomeadamente a possibilidade de um controlo automático dos vários recursos existentes, evitar consumos desnecessários bem como um aumento do seu nível de conforto. A redução na sua factura energética representa o benefício potencial ao qual os consumidores darão maior importância e que poderá ser alcançado com este sistema.

7.2 Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento da dissertação foram identificados alguns aspectos que poderão ser explorados e melhorados em trabalhos futuros, e aqui podemos falar em 2 tipos de desenvolvimentos, que são sobre o sistema e sobre os testes.

Em relação ao sistema pode-se abordar todos os equipamentos. Sobre o NILM foi considerado para todos os testes uma tensão fixa de 230V, assim era importante medir a tensão e o factor de potência para assim fazer uma comparação entre duas potências activas e não entre uma potência activa e uma potência aparente. Sobre as Plugs, se as monitorizações fornecidas por estas tiverem uma maior fiabilidade podem assim ser utilizadas como informação muito importante para a desagregação de consumos. Sobre os Sensores de Temperatura e CO₂ era importante a possibilidade da solicitação de leitura e não apenas enviar mensagens num período de tempo longo. Por fim, em relação a IR Box deve-se alterar a sua construção para assim poder controlar o AVAC e ter a possibilidade de alterar a sua temperatura visto que significa um ponto de consumo importante.

Em relação aos testes realizados na habitação real, esses testes devem ter uma duração de tempo mais alargada e com um maior número de habitações, para avaliar de forma mais eficaz as poupanças. Outro ponto importante é verificar de que forma as poupanças evoluem a longo prazo e assim se com o passar do tempo os consumidores não usam o sistema de forma menos frequente.

Referências

- [Amstell, 2009] D. Amstell, “Smart grid leads German revolution2, 2009 (<http://www.ngpowereu.com/news/smart-grid-revolution/>), Visitada em Outubro de 2011
- [CPower, 2011] CPower, “Demand Response Capacity Programs”, Constellation Energy, Outubro 2011
- [Derler, 2010] K. Derler, W. Niederhuemer, “Smart grids! The basis of smart grids are “smart” planning rules.”, CIRED Workshop 2010: Sustainable Distribution Asset Management & Financing, Lyon, França, 7-8 de Junho de 2010
- [EC, 2006] European Commission, “European SmartGrids Technology Platform - Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future”, European Communities, 2006
- [ENERSip D4.1, 2010] A. Carreira, N. Martins, J. Alves, G. Lopez, “D4.1 In-Building Monitoring and Control Network Specification”, 2010
- [ENERSip D4.5, 2010] A. Carreiro, A. Oliveira e O. Santos, “D4.5 Appliance monitoring through aggregate current examination (Prototype)”, 2011
- [ENERSip D7.1, 2011] Tecnalía, AMPLIA, IEC, UC3M, ISR-UC, HSS, “D7.1 Pilot Requirements and Definition”, 2010
- [ERGEG, 2010]. European Regulators Group for Electricity & Gas, “Position Paper on Smart Grids - An ERGEG Conclusions Paper”, Junho de 2010
- [ETPS, 2010] European Technology Platform SmartGrids, "Strategic Deployment Document for Europe’s Electricity Networks of the Future", Final Report, 20 de Abril de 2010

- [IEEE, 2011] IEEE, <http://smartgrid.ieee.org/about-smartgrid/ieee-and-smartgrid>, Visitada em Outubro de 2011
- [I-BECI, 2011] ISR-UC, ISA, “Hardware Integration - I-BECI Ecosystem”, 2011
- [Jiménez, 2006] M. Jiménez, “Smart Electricity Networks based on large integration of Renewable Sources and Distributed Generation”, Tese de Doutoramento, Universität Kassel, Kassel, Alemanha, Junho de 2006
- [Litos, 2008] Litos Strategic Communication, “The SMART GRID: An Introduction”, Prepared for the U.S. Department of Energy by Litos Strategic Communication, USA, 2008
- [Lobo, 2008] F. Lobo, A. Cabello, A. Lopez, A. Mora, R. Mora, “Distribution Network as Communication System”, CIRED Seminar 2008: Smart Grids for Distribution, Frankfurt, Alemanha, 23-24 de Junho de 2008
- [Luh, 2010] Peter B. Luh, Laurent D. Michel, Peter Friedland, Che Guan, Yuting Wang., Load Forecasting and Demand Response. Connecticut, USA : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010
- [Metke, 2010] Metke, R. Ekl, “Security Technology for Smart Grid Networks”, IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 1, nº1, Junho de 2010
- [Nogueira, 2011] J. Nogueira, “Análise de Poupanças com Sistemas de Monitorização de Consumos e Controlo de Cargas no Sector Residencial”, *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Coimbra, 2011.
- [Oliveira, 2011] A. Oliveira, O. Santos “I-BECI Manual”, 2011.

- [Paun, 2010] M. Paun, G. Lorenz, P. Schlosser, “Smart grids and networks of the future - eurelectric views”, CIRED Workshop 2010: Sustainable Distribution Asset Management & Financing, Lyon, França, 7-8 de Junho de 2010
- [Rahini, 2010] F. Rahimi, A. Ipakchi, “Demand Response as a Market Resource under the Smart Grid Paradigm”, IEEE Transactions on Smart Grid, VOL. 1, nº1, Junho de 2010
- [REMODECE, 2008] REMODECE, “REMODECE (Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe) Final Publishable Report”, ISR-University of Coimbra. November 2008. Online: www.isr.uc.pt/~remodece.
- [Rogers, 2010] K. Rogers, R. Klump, H. Khurana, A. Aquino-Lugo, T. Overbye, “An Authenticated Control Framework for Distributed Voltage Support on the Smart Grid”, IEEE Transactions on Smart Grid, VOL. 1, nº1, Junho de 2010
- [Roscoe, 2004] A. Roscoe, “Demand Response and embedded storage to facilitate diverse and renewable power generation portfolios in the UK”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Strathclyde, 2004.
- [U.S DE, 2006] U. S. Department of Energy., *Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them*. United States, 2006.
- [Wikipédia, 2011] Wikipédia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Prosumer>, Visitada em Outubro de 2011

Anexos

A. Instalação dos Equipamentos e configuração do concentrador

ADR EP

A fim de instalar correctamente o ADR EP (Figura 10), o instalador deve executar os seguintes passos:

- 1) Instalar o equipamento ao alcance da rede sem fio do concentrador;
- 2) Conectar o adaptador ADR EP para o *router* ADR EP com um cabo USB 2.0;
- 3) Conectar o adaptador de energia na saída;
- 4) Ligar o adaptador de alimentação a uma tomada (qualquer tomada da casa);
- 5) Conectar um PC através de um cabo Ethernet para Ethernet Porta 1 do *router* ADR;
- 6) Configurar um endereço IP adequado no PC conectado;
- 7) Aceder a página de configuração (<http://192.168.1.1/cgi-bin/enersipcgi>);
- 8) Configurar os parâmetros *wireless* do concentrador.

Sensor NILM

A fim de instalar e configurar o sensor NILM (Figura 11) o instalador deve executar os seguintes passos:

- 1) Instalar o ADR EP;
- 2) Colocar as pilhas no transmissor ZigBee;
- 3) Colocar o transmissor ZigBee na entrada de uma casa e ao alcance do ADR EP;
- 4) Colocar a pinça de corrente ao redor do condutor eléctrico na entrada da casa;

Nota-se que sensor tem apenas uma medida de fluxo da corrente, de outra forma não irá funcionar correctamente desde fluxos positivos e negativos irão neutralizar um ao outro;

- 5) Configurar o sensor na plataforma ENERSip;
 - a) Identificação do dispositivo está escrita no sensor NILM;
 - b) Variáveis IDs disponíveis são:
 - I. [2] Corrente RMS (Total)
 - II. [16] Corrente cumulativa RMS (Total)

- III. [20] Corrente cumulativa RMS (fase A)
- IV. [22] Corrente RMS (fase A)
- V. [24] Corrente cumulativa RMS (Fase B)
- VI. [26] Corrente RMS (Fase B)
- VII. [25] Corrente cumulativa RMS (Fase C)
- VIII. [30] Corrente RMS (Fase C)
- IX. [32] Indicadores Visuais
- X. [64] Nível da Bateria

O ADR EP irá descartar qualquer amostra dada pelo sensor NILM se não for configurado na plataforma ENERsip!

Plugs

A fim de instalar e configurar uma plug (Figura 12) o instalador deve executar os passos seguintes funções:

- 1) Instalar o ADR EP;
- 2) Conectar a plug numa tomada ao alcance do ADR EP
- 3) Ligar um aparelho na plug.
- 4) Configurar a plug na plataforma ENERsip;
 - a) Identificação do dispositivo está escrita na plug;
 - b) Variáveis IDs disponíveis são:
 - I. [0] Energia Activa
 - II. [1] Potência Activa
 - III. [2] Corrente RMS (Total)
 - IV. [3] Tensão RMS
 - V. [4] Frequência
 - VI. [5] Factor de Potência
 - VII. [6] Estado
 - VIII. [32] Indicadores Visuais

O ADR EP irá descartar qualquer amostra dada por qualquer plug que não é configurado na plataforma ENERsip! E isso só vai relatar a variável ID configurada.

Sensores Conforto

A fim de instalar e configurar os sensores de conforto (Figura 13), o instalador deve executar os seguintes passos:

- 1) Instalar o ADR EP;
- 2) Conectar o sensor de CO₂ a uma tomada (qualquer tomada da casa);
- 3) Colocar as pilhas no sensor de temperatura e humidade;
- 4) Colocá-los no espaço que é destinado para monitorização e também ao alcance do ADR EP;
- 5) Configurar os sensores na plataforma ENERsip;
 - a) Identificação do dispositivo está escrita no sensor de conforto. Note que alguns sensores têm dois ID. Deve-se considerar apenas o primeiro;
 - b) Variáveis IDs são 0 e 1. Cada tipo de sensor dará os valores que mede, embora o ADR EP não consegue distinguir qual é a leitura do sensor e, portanto, é impossível dizer o que cada variável representa.

IR Box

A fim de instalar e configurar a IR Box (Figura 14) o instalador deve executar os seguintes passos:

- 1) Instalar o ADR EP;
- 2) Conectar o adaptador de energia na saída;
- 3) Ligar o adaptador de alimentação a uma tomada (qualquer tomada da casa) e colocá-lo dentro do alcance do ADR EP;
- 4) Configurar o sensor na plataforma ENERsip;
 - a) Identificação do dispositivo está escrita na caixa de IR.
 - b) Variável ID da IR Box é de 128.

Configuração Wireless/Parâmetros Concentrador

Para configurar os parâmetros *wireless* do ADR EP e o concentrador, usa-se o seguinte interface web (figura 23):

Concentrator Address	Concentrator Port	Custom Concentrator
<input type="text" value="192.168.16.1"/>	<input type="text" value="9808"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="button" value="Apply"/>		
ESSID	Key	Encryption
<input type="text" value="WEnergy"/>	<input type="text" value="ISA3nergy"/>	<input type="text" value="WPA2-PSK"/>
<input type="button" value="Apply"/>		

Figura 23 - Configuração dos Parâmetros do Concentrador

Se concentrador está activo, existe a possibilidade de especificar um endereço personalizado usando os campos específicos no formulário. Para restaurar as configurações padrão, desactivar a caixa de selecção do Concentrador. Para configurar os parâmetros sem fio, insere-se a chave ESSID (*Extended Service Set Identification*) e encriptação nos campos correctos do formulário. Esquemas de encriptação possíveis são:

- ✓ WPA2-PSK
- ✓ WPA-PSK
- ✓ Nenhum

B. Testes de Integração do sistema I-BECI e respectivas mensagens relevantes enviadas e recebidas a partir do testador de *software*

Teste ao NILM

Todos os procedimentos de teste foram baseados na identificação da variável 2 (Corrente RMS total), embora seja possível usar outras variáveis.

- **Configuração do dispositivo** – estabelecer a ligação entre o NILM e o ADR EP.

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Iniciar ADR EP.	Os LEDs do ADR EP ficam intermitentes durante a inicialização, quando termina o procedimento de inicialização, as luzes ficam ligadas continuamente.
2	Enviar mensagem de configuração para o ADR EP.	O ADR EP vai responder com o resultado de configuração (notar que é possível configurar um dispositivo inexistente).

- Etapa 2

```

root@OpenWrt:~# ./tester --deviceConfiguration 65220 2 60 0
MSG: <deviceConfig deviceId="65220" comInterface="ZigBee" deviceType="NILM Sensor" defaultState=""
variableID="2" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" />

Send message [284 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 4: <response time="535013" msg-id="MYMSGID
" >deviceConfig deviceId="65220" comInterface="ZigBee" deviceType="NILM Sensor" defaultState=""
variableID="2" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" status="Ok" details="Device conf
ig written to core" /></response>

```

- **Leitura de dados (Notificação)** - envio de informação do NILM para o ADR EP

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Configurar o sensor NILM	Consultar a tabela da configuração do dispositivo.
2	Inserir as pilhas no sensor e colocá-lo na entrada da habitação ao alcance do ADR EP. Depois de um tempo o ADR EP vai enviar notificações da leitura de dados.	O ADR EP envia informações sobre os dados adquiridos do sensor NILM.

3	Aguardar.	O ADR EP continua a enviar informações sobre os dados adquiridos.
---	-----------	---

- Etapa 2

```
Send message [171 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 333: <notify time="2740190" ><Data deviceId="65220" deviceState="OK" ><Reading time="2686000" variableId="2" value="0.000000" status="OK" /></Data></notify>
```

- Etapa 3

```
Send message [171 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 349: <notify time="2860031" ><Data deviceId="65220" deviceState="OK" ><Reading time="2808000" variableId="2" value="0.000000" status="OK" /></Data></notify>
```

- **Leitura de dados (Solicitar)** – solicitação de informação ao NILM

Etapa	Ação necessária	Resultado esperado
1	Configurar o sensor NILM.	Consultar a tabela da configuração do dispositivo.
2	Inserir as pilhas no sensor e colocá-lo na entrada da habitação ao alcance do ADR EP.	O ADR EP envia informações sobre os dados adquiridos do sensor NILM e também será capaz de responder as solicitações do dispositivo.
3	Enviar para o ADR EP uma mensagem de solicitação de dados do sensor NILM.	O ADR EP envia uma mensagem de resposta dos dados da amostra
4	Repetir o passo 3	O ADR EP envia uma mensagem de resposta dos dados da amostra.

- Etapa 3

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 65220 2
MSG: <Data deviceId="65220" startTime="3113525" endTime="3113525" ><variableID id="2" /></Data>

Send message [111 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 393: <notify time="3112011" ><Data deviceId="0" deviceState="No data acquired" ></Data></notify>
Processing a EnerSIP XML <request time="12340" msg-id="MYMSGID" operation="set" ><Data deviceId="65220" startTime="3113525" endTime="3113525" ><variableID id="2" /></Data></request>
Send message to 192.168.1.22:9808 with id 394: <response time="3113531" msg-id="MYMSGID" ></response>
Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 395: <response time="3116810" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="65220" deviceState="OK" ><Reading time="3116000" variableId="2" value="0.000000" status="OK" /></Data></response>
```

- Etapa 4

```

root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 65220 2
MSG: <Data deviceId="65220" startTime="3213289" endTime="3213289" ><variableID id="2" /></Data>

Send message [111 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 408: <notify time="3211010" ><Data deviceId="0" deviceState="No data acquired" ></Data></notify>
Processing a EnerSIP XML <request time="12340" msg-id="MYMSGID" operation="set" ><Data deviceId="65220" startTime="3213289" endTime="3213289" ><variableID id="2" /></Data></request>
Send message to 192.168.1.22:9808 with id 409: <response time="3213303" msg-id="MYMSGID" ></response>

Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 410: <response time="3213921" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="65220" deviceState="OK" ><Reading time="3213000" variableId="2" value="0.000000" status="OK" /></Data></response>

```

- **Detecção de dados** – Detecção de mudança de um ou mais aparelhos no sistema

Etapa	Ação necessária	Resultado esperado
1	Configurar o sensor NILM com a variável ID 2.	Consultar a tabela da configuração do dispositivo.
2	Inserir as pilhas no sensor e colocá-lo na entrada da habitação ao alcance do ADR EP.	O ADR EP envia informações sobre os dados adquiridos do sensor NILM e também será capaz de responder as solicitações do dispositivo.
3	Alterar o estado de um aparelho dentro da habitação em teste.	O ADR EP vai enviar uma notificação de uma mudança de estado do aparelho.
4	Repetir o passo 3	O ADR EP envia outra notificação de uma mudança de estado do aparelho.

- Etapa 3

```

Send message [111 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 477: <notify time="3712008" ><Data deviceId="0" deviceState="No data acquired" ></Data></notify>

```

- Etapa 4

```

Send message [241 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 499: <notify time="3880015" ><Data deviceId="65220" deviceState="OK" ><Reading time="3820000" variableId="2" value="0.000000" status="OK" /><Reading time="3877000" variableId="2" value="0.000000" status="OK" /></Data></notify>

```

- **Remover Dispositivo** - remover a ligação entre o NILM e o ADR EP.

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Iniciar ADR EP	Os LEDs do ADR EP ficam intermitentes durante a inicialização, quando termina o procedimento de inicialização, as luzes ficam ligadas continuamente.
2	Enviar mensagem para remover o dispositivo ao ADR EP.	O ADR EP vai responder com o resultado.

- Etapa 2

```
root@OpenWrt:~# ./tester --removeDevice 65220
MSG: <deviceRemove deviceId="65220" />

Send message [129 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 8: <response time="692959" msg-id="MYMSGID"
"><deviceRemove status="Ok" details="1 devices removed" /></response>
```

Testes das Plug

- **Configuração do dispositivo** - estabelecer a ligação entre a Plug e o ADR EP.

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Iniciar ADR EP.	Os LEDs do ADR EP ficam intermitentes durante a inicialização, quando termina o procedimento de inicialização, as luzes ficam ligadas continuamente.
2	Enviar mensagem de configuração para o ADR EP.	O ADR EP vai responder com o resultado de configuração (notar que é possível configurar um dispositivo inexistente).

- Etapa 2

```
root@OpenWrt:~# ./tester --deviceConfiguration 41804 0 60 1
MSG: <deviceConfig deviceId="41804" comInterface="ZigBee" deviceType="Actuator" defaultState="" va
riableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" />

Send message [281 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 10: <response time="811768" msg-id="MYMSGI
D" ><deviceConfig deviceId="41804" comInterface="ZigBee" deviceType="Actuator" defaultState="" v
ariableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" status="Ok" details="Device config
written to core" /></response>
```

```

root@OpenWrt:~# ./tester --deviceConfiguration 50072 0 60 1
MSG: <deviceConfig deviceId="50072" comInterface="ZigBee" deviceType="Actuator" defaultState="" variableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" />

Send message [281 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 14: <response time="981513" msg-id="MYMSGID" ><deviceConfig deviceId="50072" comInterface="ZigBee" deviceType="Actuator" defaultState="" variableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" status="Ok" details="Device config written to core" /></response>

```

- **Leitura de dados (Notificação)** - envio de informação do NILM para o ADR EP

Etapa	Ação necessária	Resultado esperado
1	Configurar a Plug.	Consultar a tabela da configuração do dispositivo.
2	Conectar a plug numa tomada ao alcance do ADR EP.	O ADR EP envia informações sobre os dados adquiridos pela plug.
3	Aguardar.	O ADR EP continua a enviar informações sobre os dados adquiridos.

- Etapa 2

```

Send message [114 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 1: <notify time="203007" ><Data deviceId="50072" deviceState="No data acquired" ></Data></notify>

```

- Etapa 3

```

Send message [171 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 2: <notify time="263011" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="203000" variableId="0" value="882.000000" status="OK" /></Data></notify>

```

- **Leitura de dados (Solicitação)** - solicitação de informação da Plug para o ADR EP

Etapa	Ação necessária	Resultado esperado
1	Configurar a plug.	Consulte a tabela da configuração do dispositivo.
2	Conectar a plug numa tomada ao alcance do ADR EP.	O ADR EP envia informações sobre os dados adquiridos pela plug e também é capaz de responder as solicitações do dispositivo.
3	Enviar para o ADR EP uma mensagem de solicitação de dados da plug (de uma variável ID configurado).	O ADR EP envia uma mensagem de resposta dos dados da amostra.

4	Repetir o passo 3.	O ADR EP envia uma mensagem de resposta dos dados da amostra.
---	--------------------	---

- Etapa 3

```

root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 0
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="370777" endTime="370777" ><variableID id="0" /></Data>
Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 5: <response time="370928" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="370000" variableId="0" value="83.000000" status="OK" /></Data></response>

```

- Etapa 4

```

root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 0
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="463448" endTime="463448" ><variableID id="0" /></Data>
Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 9: <response time="463616" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="463000" variableId="0" value="83.000000" status="OK" /></Data></response>

```

Plug 41804

- Energia Activa

```

root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 41804 0
MSG: <Data deviceId="41804" startTime="1615829" endTime="1615829" ><variableID id="0" /></Data>
Send message [193 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 166: <response time="1616046" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="41804" deviceState="OK" ><Reading time="1616000" variableId="0" value="72.000000" status="OK" /></Data></response>

```

- Potencia Activa

```

root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 41804 1
MSG: <Data deviceId="41804" startTime="1772155" endTime="1772155" ><variableID id="1" /></Data>
Send message [206 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 185: <response time="1772370" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="41804" deviceState="No data acquired" ><Reading time="1772000" variableId="1" value="0.000000" status="OK" /></Data></response>

```

- Corrente RMS (Total)

```

root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 41804 2
MSG: <Data deviceId="41804" startTime="1829518" endTime="1829518" ><variableID id="2" /></Data>
Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 194: <response time="1829727" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="41804" deviceState="OK" ><Reading time="1829000" variableId="2" value="0.126000" status="OK" /></Data></response>

```

- Tensão RMS

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 41804 3
MSG: <Data deviceId="41804" startTime="1884145" endTime="1884145" ><variableID id="3" /></Data>
Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 204: <response time="1884356" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="41804" deviceState="OK" ><Reading time="1884000" variableId="3" value="0.000000" status="OK" /></Data></response>
```

- Frequência

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 41804 4
MSG: <Data deviceId="41804" startTime="1934049" endTime="1934049" ><variableID id="4" /></Data>
Send message [193 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 213: <response time="1934270" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="41804" deviceState="OK" ><Reading time="1934000" variableId="4" value="50.730000" status="OK" /></Data></response>
```

- Factor de Potência

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 41804 5
MSG: <Data deviceId="41804" startTime="2010412" endTime="2010412" ><variableID id="5" /></Data>
Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 226: <response time="2010638" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="41804" deviceState="OK" ><Reading time="2010000" variableId="5" value="0.040000" status="OK" /></Data></response>
```

- Estado

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 41804 6
MSG: <Data deviceId="41804" startTime="2067810" endTime="2067810" ><variableID id="6" /></Data>
Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 238: <response time="2068037" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="41804" deviceState="OK" ><Reading time="2068000" variableId="6" value="1.000000" status="OK" /></Data></response>
```

- Indicadores Visuais

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 41804 32
MSG: <Data deviceId="41804" startTime="2116569" endTime="2116569" ><variableID id="32" /></Data>
Send message [193 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 247: <response time="2116797" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="41804" deviceState="OK" ><Reading time="2116000" variableId="32" value="0.000000" status="OK" /></Data></response>
```

Plug 50072

- Energia Activa

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 0
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="649630" endTime="649630" ><variableID id="0" /></Data>

Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 17: <response time="649780" msg-id="MYMSGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="649000" variableId="0" value="883.000000" status="OK" /></Data></response>
```

- Potencia Activa

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 1
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="712184" endTime="712184" ><variableID id="1" /></Data>
Send message [190 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 27: <response time="712335" msg-id="MYM
SGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="712000" variableId="1" value="
7.700000" status="OK" /></Data></response>
```

- Corrente RMS (Total)

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 2
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="775283" endTime="775283" ><variableID id="2" /></Data>
Send message [190 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 37: <response time="775451" msg-id="MYM
SGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="775000" variableId="2" value="
0.015000" status="OK" /></Data></response>
```

- Tensão RMS

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 3
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="838947" endTime="838947" ><variableID id="3" /></Data>
Send message [190 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 48: <response time="839113" msg-id="MYM
SGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="839000" variableId="3" value="
0.000000" status="OK" /></Data></response>
```

- Frequência

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 4
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="901942" endTime="901942" ><variableID id="4" /></Data>
Send message [191 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 58: <response time="902090" msg-id="MYM
SGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="902000" variableId="4" value="
50.730000" status="OK" /></Data></response>
```

- Factor de Potência

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 5
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="955765" endTime="955765" ><variableID id="5" /></Data>
Send message [190 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 67: <response time="955934" msg-id="MYM
SGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="955000" variableId="5" value="
1.000000" status="OK" /></Data></response>
```

- Estado

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 6
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="1013338" endTime="1013338" ><variableID id="6" /></Data>
Send message [192 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 77: <response time="1013500" msg-id="MY
MSGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="1013000" variableId="6" value
="1.000000" status="OK" /></Data></response>
```


- Indicadores Visuais

```
root@OpenWrt:~# ./tester --requestDataReading 50072 32
MSG: <Data deviceId="50072" startTime="1064252" endTime="1064252" ><variableID id="32" /></Data>
Send message [193 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 86: <response time="1064410" msg-id="MY
MSGID" ><Data deviceId="50072" deviceState="OK" ><Reading time="1064000" variableId="32" valu
e="0.000000" status="OK" /></Data></response>
```

- **Accionar** – enviar um comando a plug com a actuação desejada (ON ou OFF)

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Configurar a plug.	Consulte a tabela da configuração do dispositivo.
2	Conectar a plug numa tomada ao alcance do ADR EP.	O ADR EP envia informações sobre os dados adquiridos pela plug e também é capaz de responder as solicitações do dispositivo.
3	Enviar para o ADR EP uma mensagem de comando de dados com a actuação desejada.	O ADR EP envia uma mensagem de resposta do resultado de actuação.
4	Repetir o passo 3	O ADR EP envia uma mensagem de resposta do resultado de actuação.

- Etapa 3

```
root@OpenWrt:~# ./tester --actuate 50072 1
MSG: <Command deviceId="50072" action="Actuate" value="ON" />

Processing a EnerSIP XML <request time="12340" msg-id="MYMSGID" operation="set" ><Command dev
iceId="50072" action="Actuate" value="ON" /></request>

root@OpenWrt:~# ./tester --actuate 41804 1
MSG: <Command deviceId="41804" action="Actuate" value="ON" />

Processing a EnerSIP XML <request time="12340" msg-id="MYMSGID" operation="set" ><Command dev
iceId="41804" action="Actuate" value="ON" /></request>
```

- Etapa 4

```
root@OpenWrt:~# ./tester --actuate 50072 0
MSG: <Command deviceId="50072" action="Actuate" value="OFF" />

Processing a EnerSIP XML <request time="12340" msg-id="MYMSGID" operation="set" ><Command dev
iceId="50072" action="Actuate" value="OFF" /></request>
```

```

root@OpenWrt:~# ./tester --actuate 41804 0
MSG: <Command deviceId="41804" action="Actuate" value="OFF" />

Processing a EnerSIP XML <request time="12340" msg-id="MYMSGID" operation="set" ><Command dev
iceId="41804" action="Actuate" value="OFF" /></request>

```

- **Remover Dispositivo** - remover a ligação entre a Plug e o ADR EP.

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Iniciar o ADR EP.	Os LEDs do ADR EP ficam intermitentes durante a inicialização, quando termina o procedimento de inicialização, as luzes ficam ligadas continuamente.
2	Enviar mensagem para remover dispositivo ao ADR EP.	O ADR EP vai responder com o resultado.

- Etapa 2

```

root@OpenWrt:~# ./tester --removeDevice 41804
MSG: <deviceRemove deviceId="41804" />

Send message [130 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 19: <response time="1064604" msg-id="MYMSG
ID" ><deviceRemove status="Ok" details="1 devices removed" /></response>

```

```

root@OpenWrt:~# ./tester --removeDevice 50072
MSG: <deviceRemove deviceId="50072" />

Send message [130 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 22: <response time="1120681" msg-id="MYMSG
ID" ><deviceRemove status="Ok" details="1 devices removed" /></response>

```

Sensores de Conforto

- **Configuração do dispositivo** - estabelecer a ligação entre os Sensores e o ADR EP.

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Iniciar o ADR EP.	Os LEDs do ADR EP ficam intermitentes durante a inicialização, quando termina o procedimento de inicialização, as luzes ficam ligadas continuamente.

2	Enviar mensagem de configuração para o ADR EP.	O ADR EP vai responder com o resultado de configuração (Note que é possível configurar um dispositivo inexistente).
---	--	---

- Etapa 2

```

root@OpenWrt:~# ./tester --deviceConfiguration 25014 0 60 3
MSG: <deviceConfig deviceId="25014" comInterface="Radio" deviceType="Comfort Sensor" defaultState="" variableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" />

Send message [287 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 24: <response time="1223448" msg-id="MYMSG ID" ><deviceConfig deviceId="25014" comInterface="Radio" deviceType="Comfort Sensor" defaultState="" variableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" status="Ok" details="Device config written to core" /></response>

root@OpenWrt:~# ./tester --deviceConfiguration 25014 1 60 3
MSG: <deviceConfig deviceId="25014" comInterface="Radio" deviceType="Comfort Sensor" defaultState="" variableID="1" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" />

Send message [287 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 26: <response time="1273390" msg-id="MYMSG ID" ><deviceConfig deviceId="25014" comInterface="Radio" deviceType="Comfort Sensor" defaultState="" variableID="1" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" status="Ok" details="Device config written to core" /></response>

```

```

root@OpenWrt:~# ./tester --deviceConfiguration 25760 0 60 3
MSG: <deviceConfig deviceId="25760" comInterface="Radio" deviceType="Comfort Sensor" defaultState="" variableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" />

Send message [287 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 30: <response time="1338375" msg-id="MYMSG ID" ><deviceConfig deviceId="25760" comInterface="Radio" deviceType="Comfort Sensor" defaultState="" variableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" status="Ok" details="Device config written to core" /></response>

root@OpenWrt:~# ./tester --deviceConfiguration 25760 1 60 3
MSG: <deviceConfig deviceId="25760" comInterface="Radio" deviceType="Comfort Sensor" defaultState="" variableID="1" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" />

Send message [287 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 36: <response time="1404897" msg-id="MYMSG ID" ><deviceConfig deviceId="25760" comInterface="Radio" deviceType="Comfort Sensor" defaultState="" variableID="1" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" status="Ok" details="Device config written to core" /></response>

```

- **Leitura de dados (Notificação)** - envio de informação dos Sensores para o ADR EP

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Configurar o sensor de conforto.	Consultar a tabela da configuração do dispositivo.

2	Conectar o sensor a uma tomada (qualquer tomada, não necessariamente um actuador) ou colocar as pilhas no sensor (isso depende do sensor).	O ADR EP enviará informações sobre os dados adquiridos pelo sensor conforto.
3	Aguardar.	O ADR EP continua a enviar informações sobre os dados adquiridos.

- Etapa 2

CO₂

```
ISARADIO: Got counter values from device 25760: 1566 1
Got sample from ISARADIO for device index 2: temperature: 1566.00C Humidity 1.00%
Storing value 156.600006 for device id:25760 variable:0 (idx:2)
Storing value 0.100000 for device id:25760 variable:1 (idx:3)
```

Sensor temperatura e humidade

```
Got sample from ISARADIO for device index 0: temperature: 207.00C Humidity 709.0
Storing value 20.700001 for device id:25014 variable:0 (idx:0)
Storing value 70.900002 for device id:25014 variable:1 (idx:1)
```

CO₂

```
ISARADIO: Got counter values from device 25760: 2335 27
Got sample from ISARADIO for device index 2: temperature: 2335.00C Humidity 27.00%
Storing value 233.500000 for device id:25760 variable:0 (idx:2)
Storing value 2.700000 for device id:25760 variable:1 (idx:3)
```

Sensor temperatura e humidade

```
Got sample from ISARADIO for device index 0: temperature: 207.00C Humidity 709.00%
Storing value 20.700001 for device id:25014 variable:0 (idx:0)
Storing value 70.900002 for device id:25014 variable:1 (idx:1)
```

- **Leitura de dados (Solicitação)** - solicitação de informação aos Sensores

Os sensores de conforto não recebem mensagens e, portanto, não é possível solicitar a leitura de dados. Os sensores de confortos apenas enviam os dados periodicamente.

- **Remover Dispositivo** - remover a ligação entre os Sensores e o ADR EP.

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Iniciar ADR EP.	Os LEDs do ADR EP ficam intermitentes durante a inicialização, quando termina o procedimento de inicialização, as luzes ficam ligadas continuamente.
2	Enviar mensagem para remover o dispositivo ao ADR EP.	O ADR EP vai responder com o resultado.

- Etapa 2

```
root@OpenWrt:~# ./tester --removeDevice 25014
MSG: <deviceRemove deviceId="25014" />

Send message [130 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 42: <response time="1490105" msg-id="MYMSG ID" ><deviceRemove status="Ok" details="2 devices removed" /></response>
```

```
root@OpenWrt:~# ./tester --removeDevice 25760
MSG: <deviceRemove deviceId="25760" />

Send message [130 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 46: <response time="1559271" msg-id="MYMSG ID" ><deviceRemove status="Ok" details="2 devices removed" /></response>
```

Caixa de testes IR

- **Configuração do dispositivo** - estabelecer a ligação entre a IR Box e o ADR EP.

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Iniciar o ADR EP.	Os LEDs do ADR EP ficam intermitentes durante a inicialização, quando termina o procedimento de inicialização, as luzes ficam ligadas continuamente.
2	Enviar mensagem de configuração para o ADR EP.	O ADR EP vai responder com o resultado de configuração (notar que é possível configurar um dispositivo inexistente).

- Etapa 2

```

root@OpenWrt:~# ./tester --deviceConfiguration 65206 0 60 2
MSG: <deviceConfig deviceId="65206" comInterface="ZigBee" deviceType="Infrared Gateway" defaultSta
te="" variableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" />

Send message [290 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 48: <response time="1648089" msg-id="MYMSG
ID" ><deviceConfig deviceId="65206" comInterface="ZigBee" deviceType="Infrared Gateway" defaultS
tate="" variableID="0" variableFormat="float32" acquisitionPeriod="60" status="Ok" details="Devi
ce config written to core" /></response>

```

- **Aprender um comando** – a IR Box será capaz de enviar ao ADR EP um código de um comando induzido

Etapa	Ação necessária	Resultado esperado
1	Configurar a IR Box.	Consultar a tabela da configuração do dispositivo.
2	Conectar a IR Box para uma tomada (qualquer tomada na casa, não necessariamente um actuador) e colocá-lo ao alcance do ADR EP.	Os LEDs da IR Box são os seguintes: LEDs módulo IR: LED vermelho fica ligado. LED verde fica a piscar (500ms ligado, 500ms desligado) LEDs módulo Zigbee: LED vermelho fica desligado quando a rede está estabelecida. LED verde fica sempre ligado quando a rede está estabelecida.
3	Enviar uma mensagem para reconhecer a IR Box.	Os LEDs da IR Box são os seguintes: LEDs módulo IR: LED vermelho fica ligado. LED verde fica desligado. LEDs módulo Zigbee: LED vermelho fica desligado. LED verde fica a piscar (250ms ligado; 250ms desligado, 250ms ligado; 250ms desligado; 1000ms desligado).
4	Receber o comando para a IR Box. Pressionar o botão continuamente até que o código IR é conhecido.	Os LEDs da IR Box são os seguintes: LEDs módulo IR: LED vermelho fica ligado. LED verde fica desligado. LEDs módulo Zigbee: LED vermelho fica desligado. LED verde fica a piscar duas vezes (500ms ligado; 500ms desligado).
5	IR Box vai voltar para o modo normal.	Os LEDs da IR Box são os seguintes: LEDs módulo IR: LED vermelho fica ligado. LED verde fica a piscar (500ms ligado, 500ms desligado)

4	Enviar um comando IR.	Os LEDs da IR Box são os seguintes: LEDs módulo IR: LED vermelho fica ligado. LED verde fica desligado ao enviar o comando. LEDs módulo Zigbee: LED vermelho fica desligado. LED verde fica a piscar (500ms ligado, 500ms desligado).
5	A IR Box vai voltar para o modo normal.	Os LEDs da IR Box são os seguintes: LEDs módulo IR: LED vermelho fica ligado. LED verde fica a piscar (500ms ligado, 500ms desligado) LEDs módulo Zigbee: LED vermelho fica desligado. LED verde fica a piscar (500ms ligado, 500ms desligado).

- Etapa 4

```
root@OpenWrt:~# ./tester --irDataInform 65206 hwMAEgDcAAeUAt4AbQDeAG0AbwBJAU8B2wDeANsAbwDbAABRASiyQ1ISiiImAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA=
MSG: <Command deviceId="65206" action="Send IR Command" value="hwMAEgDcAAeUAt4AbQDeAG0AbwBJAU8B2wDeANsAbwDbAABRASiyQ1ISiiImAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA=
AAAAAAAAA=" />
```

- **Remover Dispositivo** - remover a ligação entre a IR Box e o ADR EP.

Etapa	Acção necessária	Resultado esperado
1	Iniciar ADR EP.	Os LEDs do ADR EP ficam intermitentes durante a inicialização, quando termina a inicialização, as luzes ficam ligadas continuamente.
2	Enviar mensagem para remover o dispositivo ao PE ADR.	O ADR EP vai responder com o resultado.

- Etapa 4

```
root@OpenWrt:~# ./tester --removeDevice 65206
MSG: <deviceRemove deviceId="65206" />

Send message [130 bytes] to 192.168.1.22:9808 with id 51: <response time="1710981" msg-id="MYMSG ID" ><deviceRemove status="Ok" details="1 devices removed" /></response>
```


C. Testes

Teste nº1- Consumo de energia de aparelhos;

Teste nº 1- Power Meter\NILM	Power Meter					Calculos		NILM	Calculos		
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P		Corrente(A)	Tensao	Potencia
Microondas	231,3	5,58	1094	0,847	49,97	1290,654	1093,183938	5,48	230	1260,4	-166,4
Ferro engomar	226,5	7,84	1775	1	50	1775,76	1775,76	8	230	1840	-65
Maq. Café	231,8	5,31	1231	1	50	1230,858	1230,858	5,27	230	1212,1	18,9
Estrator de fumos	236,4	0,548	127,3	0,982	50,04	129,5472	127,2153504	0,4	230	92	35,3
Router	234	0,039	3,98	0,415	49,98	9,126	3,78729	0	230	0	3,98
Computador	233	0,654	125,3	0,82	50	152,382	124,95324	0,573	230	131,79	-6,49
Maq. Lavar Loiça	234,1	0,35	54,3	0,62	50	81,935	50,7997	0,251	230	57,73	-3,43
Maq. Lavar Roupa	236,6	0,38	59,84	0,67	50	89,908	60,23836	0,24	230	55,2	4,64
TV+Aparelho tv cabo	232,5	0,394	49,36	0,54	50	91,605	49,4667	0,256	230	58,88	-9,52
Dvd	235,7	0,1	13,48	0,59	50	23,57	13,9063	0	230	0	13,48
Combinado	236	0,13	30,98	1	49,99	30,68	30,68	0	230	0	30,98
Congelador	231,7	1,06	133,8	0,545	50	245,602	133,85309	0,92	230	211,6	-77,8
Termoacumulador	240,4	4,934	1174	0,999	50	1186,134	1184,947466	4,94	230	1136,2	37,8
Aquecedor	229	8,176	1872	1	50	1872,304	1872,304	8,26	230	1899,8	-27,8
Soma			7744,34						Soma		-211,36
										Diferença Media	-15,09714286
										Erro medio (%)	-3%

Teste nº 1- Power Meter\Plugs	Power Meter					Plugs						Calculos			
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	Active Energy	Active Power	RMS Current (Total)	RMS Voltage	Frequency	Power Factor	Tensao	Potencia	Diferença	
Microondas	231,1	5,39	1083	0,869	49,97	723	247,4	1,14	0	50,73	0,84	230	262,2	-820,8	
Ferro engomar	228,2	7,88	1780	0,99	50	780	391,1	1,57	0	50,73	0,98	230	361,1	-1418,9	
Maq. Café	230,4	5,276	1216	1	50	739	267,4	1,045	0	50,73	0,98	230	240,35	-975,65	
Estrator de fumos	236,4	0,548	127,3	0,982	50,04	838	27,4	0,104	0	50,82	1	230	23,92	-103,38	
Router	236	0,056	5,3	0,4	49,98	743	0	0,124	0	50,74	1	230	28,52	23,22	
Computador	232,8	0,679	131	0,824	50	743	26,3	0,126	0	50,73	0,79	230	28,98	-102,02	
Maq. Lavar Loiça	234,1	0,35	54,3	0,62	50	768	14,2	0,068	0	50,73	0,65	230	15,64	-38,66	
Maq. Lavar Roupa	236,6	0,38	59,84	0,67	50	773	12,7	0,073	0	50,73	0,69	230	16,79	-43,05	
TV+Aparelho tv cabo	234	0,425	55,56	0,559	50	747	10,6	0,072	0	50,73	0,55	230	16,56	-39	
Dvd	237,1	0,11	14,9	0,569	50	743	2,3	0	0	50,81	0,58	230	0	-14,9	
Combinado	234,4	0,137	31,82	0,99	49,99	745	21,8	0,163	0	50,73	0,51	230	37,49	5,67	
Congelador	231,7	1,06	133,8	0,545	50	774	27,4	0,21	0	50,73	0,5	230	48,3	-85,5	
Termoacumulador	240,4	4,934	1174	0,999	50	858	255,7	0,98	0	50,73	0	230	225,4	-948,6	
Aquecedor	228,4	8,128	1849	0,996	50	749	404,2	1,64	0	50,74	0,97	230	377,2	-1471,8	
		Soma		7715,82								Soma		-6033,37	
												Diferença Media		-430,955	
												Erro medio (%)		-78%	

Teste nº 1- Pinça Amperimetrica\NILM	Pinça Amperimetrica					Calculos		NILM	Calculos			
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P	Corrente(A)	Tensao	Potencia	Diferença	
Microondas	230,6	5,78	1670	0,87	50,1	1332,868	1159,59516	6,484	230	1491,32	178,68	
Ferro engomar	228,2	7,96	1824	1	50,1	1816,472	1816,472	7,991	230	1837,93	-13,93	
Maq. Café	228,9	5,33	1223	1	50,1	1220,037	1220,037	5,223	230	1201,29	21,71	
Estrator de fumos	234,2	0,64	149	0,99	50,1	149,888	148,38912	0,52	230	119,6	29,4	
Router	237,1	0,081	12	0,49	50,1	19,2051	9,410499	0,117	230	26,91	-14,91	
Computador	239,9	0,71	83	0,82	50,1	170,329	139,66978	0,76	230	174,8	-91,8	
Maq. Lavar Loiça	234,1	0,43	68	0,62	50,1	100,663	62,41106	0,49	230	112,7	-44,7	
Maq. Lavar Roupa	234,3	0,41	66	0,64	50,1	96,063	61,48032	0,51	230	117,3	-51,3	
TV+Aparelho tv cabo	236,8	0,56	50,1	0,56	50,1	132,608	74,26048	0,724	230	166,52	-116,42	
Dvd	238,4	0,13	25	0,33	50,1	30,992	10,22736	0,258	230	59,34	-34,34	
Combinado	233,8	0,58	52	1	50,1	135,604	135,604	0,61	230	140,3	-88,3	
Congelador	229,8	1,12	148	0,98	50	257,376	252,22848	0,96	230	220,8	-72,8	
Termoacumulador	240,7	4,84	1156	1	50,1	1164,988	1164,988	4,94	230	1136,2	19,8	
Aquecedor	228,9	8,24	1995	1	50,1	1886,136	1886,136	8,408	230	1933,84	61,16	
		Soma		8521,1						Soma		-217,75
										Diferença Media		-15,55357143
										Erro medio (%)		-3%

Teste nº2- O consumo de energia dos pontos de consumo

Teste nº 2- Power Meter\NILM	Power Meter					Calculos		NILM	Calculos		
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P		Tensao	Potencia	Diferença
Microondas + Ferro de engomar	234,4	12,98	2985,8	0,981	50,02	3042,512	2984,70427	13,03	230	2996,9	-11,1
Ferro engomar + Maq. Café	225	12,91	2876,7	0,99	50,01	2904,75	2875,7025	13,1	230	3013	-136,3
Maq. Café + Microondas	227,1	10,23	2259	0,972	50	2323,233	2258,18248	10,2	230	2346	-87
Estrator de fumos+Microondas	232,2	5,71	1182,5	0,891	49,99	1325,862	1181,34304	5,72	230	1315,6	-133,1
Estrator de fumos+Aquecedor	228,6	8,68	1985,4	1	50,01	1984,248	1984,248	8,778	230	2018,94	-33,54
Computador + Router	237,5	0,704	133	0,793	49,96	167,2	132,5896	0,768	230	176,64	-43,64
Maq. Lavar Loiça+Maq. Lavar Roupa	224,6	0,86	133	0,66	50,1	193,156	127,48296	0,892	230	205,16	-72,16
TV+Aparelho tv cabo+DVD	238,4	0,468	58,1	0,518	49,99	111,5712	57,7938816	0,456	230	104,88	-46,78
Combinado+Aquecedor	229,7	8,672	1933	0,97	50,02	1991,9584	1932,19965	8,628	230	1984,44	-51,44
Congelador+Aquecedor	231,2	9,21	2045	0,96	50,04	2129,352	2044,17792	9,221	230	2120,83	-75,83
Congelador+Combinado	229,4	1,426	249,3	0,76	49,48	327,1244	248,614544	1,43	230	328,9	-79,6
Soma			15840,8							Soma	-770,49
										Diferença Media	-70,0445
										Erro medio (%)	-5%

Teste nº 2- Pinça Amperimetrica\NILM	Pinça Amperimetrica					Calculos		NILM	Calculos		
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P	Corrente(A)	Tensao	Potencia	Diferença
Microondas + Ferro de engomar	224,7	12,22	2744	0,99	50,01	2745,834	2718,37566	12,769	230	2936,87	-192,87
Ferro engomar + Maq. Café	224,1	12,85	2854	1	50,01	2879,685	2879,685	12,959	230	2980,57	-126,57
Maq. Café + Microondas	227,9	9,53	2176	0,98	50	2171,887	2128,44926	9,96	230	2290,8	-114,8
Estrator de fumos+Microondas	230,4	5	1060	0,91	50,1	1152	1048,32	5,067	230	1165,41	-105,41
Estrator de fumos+Aquecedor	226,6	8,71	1963	1	50,01	1973,686	1973,686	8,668	230	1993,64	-30,64
Computador + Router	224,2	0,68	127	0,81	50,1	152,456	123,48936	0,697	230	160,31	-33,31
Maq. Lavar Loiça+Maq. Lavar Roupa	224,1	0,89	135	0,66	50,1	199,449	131,63634	0,914	230	210,22	-75,22
TV+Aparelho tv cabo+DVD	234,5	0,52	64	0,53	50,1	121,94	64,6282	0,657	230	151,11	-87,11
Combinado+Aquecedor	226,3	8,47	1925	1	50,1	1916,761	1916,761	8,623	230	1983,29	-58,29
Congelador+Aquecedor	230,2	8,96	2052	0,99	50	2062,592	2041,96608	9,13	230	2099,9	-47,9
Congelador+Combinado	224,8	1,39	258	0,81	50,1	312,472	253,10232	1,41	230	324,3	-66,3
Soma			15358				Soma			-938,42	
						Diferença Media			-85,3109		
						Erro medio (%)			-6%		

Teste nº 2- Pinça Amperimetrica\NILM	Pinça Amperimetrica					Calculos		NILM	Calculos		
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P	Corrente(A)	Tensao	Potencia	Diferença
Router+PC+Estrator Fumos	240,1	0,95	217	0,95	50,01	228,095	216,69025	0,876	230	201,48	15,52
Router+PC+Estrator Fumos+Microondas	236,1	6,08	1283	0,84	50,01	1435,488	1205,80992	6,41	230	1474,3	-191,3
Router+PC+Estrator Fumos+Ferro engomar	232,2	8,82	2059	1	50,1	2048,004	2048,004	9,14	230	2102,2	-43,2
Maq. Cafe+Microondas	231	10,33	2218	0,97	50,1	2386,23	2314,6431	10,876	230	2501,48	-283,48
Microondas +Ferro engomar	229,2	12,57	2852	0,98	50,01	2881,044	2823,42312	13,205	230	3037,15	-185,15
Aquecedor +Ferro engomar	225,5	15,63	3571	1	50,1	3524,565	3524,565	16,164	230	3717,72	-146,72
Router+PC+Estrator Fumos+Aquecedor+Ferro engomar	232,3	16,77	3761	1	50,1	3895,671	3895,671	17,764	230	4085,72	-324,72
Aquecedor +Ferro engomar+Microondas	229,5	16,76	4045	0,98	50,1	3846,42	3769,4916	18,014	230	4143,22	-98,22
Aquecedor +Ferro engomar+Microondas+router+Pc+estrator fumos	227,4	17,6	4261	0,99	50,1	4002,24	3962,2176	19,62	230	4512,6	-251,6
Aquecedor +Ferro engomar+Microondas+Maq.Cafe	226,5	24,2	5033	0,99	50,1	5481,3	5426,487	27,548	230	6336,04	-1303,04
Soma			29300				Soma			-2811,91	
						Diferença Media			-281,191		
						Erro medio (%)			-10%		

Teste nº3- Interruptor manual de aparelhos

Teste nº3- Pinça Amperimetrica\NILM	Pinça Amperimetrica					Calculos		NILM	Calculos								
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P	Corrente(A)	Tensao	Potencia	Diferença	Pinça	NILM	Diferença	Pinça	NILM	Diferença
Router+PC+Estrator Fumos	234,3	0,69	166	0,95	50,1	161,667	153,5837	0,677	230	155,71	10,29						
PC+Estrator Fumos	234,9	0,63	143	0,94	50,1	147,987	139,1078	0,642	230	147,66	-4,66	23	8,05	14,95			
Router+PC+Estrator Fumos	245	0,68	164	0,95	50,1	166,6	158,27	0,678	230	155,94	8,06				-21	-8,28	-12,72
Router+Estrator Fumos	235,2	0,53	118	0,97	50,1	124,656	120,9163	0,598	230	137,54	-19,54	46	18,4	27,6			
Router+PC+Estrator Fumos	234,9	0,7	166	0,95	50,1	164,43	156,2085	0,674	230	155,02	10,98				-48	-17,48	-30,52
Router+PC	235,8	0,45	46	0,61	50,1	106,11	64,7271	0,501	230	115,23	-69,23	120	39,79	80,21			
Router+PC+Estrator Fumos	234,9	0,7	162	0,95	50,1	164,43	156,2085	0,675	230	155,25	6,75				-116	-40,02	-75,98
Router+Estrator Fumos+Microondas	229,1	5,49	1167	0,92	50,1	1257,759	1157,138	5,719	230	1315,37	-148,37						
Estrator Fumos+Microondas	229,3	5,48	1151	0,92	50,1	1256,564	1156,039	5,702	230	1311,46	-160,46	16	3,91	12,09			
Router+Estrator Fumos+Microondas	229,1	5,48	1164	0,92	50,1	1255,468	1155,031	5,704	230	1311,92	-147,92				-13	-0,46	-12,54
Router+Microondas	229,4	4,93	1012	0,87	50,1	1130,942	983,9195	4,884	230	1123,32	-111,32	152	188,6	-36,6			
Router+Estrator Fumos+Microondas	229,1	5,49	1166	0,92	50,1	1257,759	1157,138	5,714	230	1314,22	-148,22				-154	-190,9	36,9
Router+Estrator Fumos	235,8	0,53	118	0,96	50,1	124,974	119,975	0,527	230	121,21	-3,21	1048	1193,01	-145,01			
Router+Estrator Fumos+Microondas	229,1	5,5	1167	0,92	50,1	1260,05	1159,246	5,719	230	1315,37	-148,37				-1049	-1194,2	145,16
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	224,1	12,17	2732	0,99	50,1	2727,297	2700,024	13,13	230	3019,9	-287,9						
Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	224,2	12,17	2730	0,99	50,1	2728,514	2701,229	13,13	230	3018,75	-288,75	2	1,15	0,85			
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	224,1	12,17	2728	0,99	50,1	2727,297	2700,024	13,13	230	3019,9	-291,9				2	-1,15	3,15
Router+Aquecedor+Microondas	224,1	11,69	2612	0,99	50,1	2619,729	2593,532	12,07	230	2777,02	-165,02	116	242,88	-126,88			
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	224,1	12,16	2708	0,99	50,1	2725,056	2697,805	13,09	230	3010,7	-302,7				-96	-233,68	137,68
Router+Estrator Fumos+Microondas	227,8	5,48	1246	0,99	50,1	1248,344	1235,861	5,708	230	1312,84	-66,84	1462	1697,86	-235,86			
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	224,2	12,19	2729	0,99	50,1	2732,998	2705,668	13,12	230	3017,6	-288,6				-1483	-1704,8	221,76
Router+Estrator Fumos+Aquecedor	228,5	8,47	1919	1	50,1	1935,395	1935,395	8,708	230	2002,84	-83,84	810	1014,76	-204,76			
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	224,3	12,16	2729	0,99	50,1	2727,488	2700,213	13,09	230	3010,7	-281,7				-810	-1007,9	197,86
Aquecedor +Maq. Café+Microondas	215,1	17,43	3779	0,99	50,1	3749,193	3711,701	17,84	230	4102,74	-323,74						
Maq. Café+Microondas	223,4	9,93	2169	0,98	50,1	2218,362	2173,995	10,45	230	2402,58	-233,58	1610	1700,16	-90,16			
Aquecedor +Maq. Café+Microondas	215,3	17,41	3774	0,99	50,1	3748,373	3710,889	17,82	230	4098,6	-324,6				-1605	-1696	91,02
Aquecedor +Microondas	223,9	12,15	2685	0,99	50,1	2720,385	2693,181	12,88	230	2963,32	-278,32	1089	1135,28	-46,28			
Aquecedor +Maq. Café+Microondas	215,3	17,43	3771	0,99	50,1	3752,679	3715,152	17,82	230	4098,37	-327,37				-1086	-1135,1	49,05
Aquecedor +Maq. Café	223,1	12,85	2861	1	50,1	2866,835	2866,835	12,88	230	2963,32	-102,32	910	1135,05	-225,05			
Aquecedor +Maq. Café+Microondas	215,1	17,45	3765	0,99	50,1	3753,495	3715,96	17,79	230	4092,16	-327,16				-904	-1128,8	224,84
Soma			52847							Soma	-4899,56	7404		-974,9	-7383		975,66
										Diferença Media	-163,319			-74,992			75,05077
										Erro medio (%)	-9%			-13%			-13%

Teste nº4- Accionamento remoto de aparelhos com plug

Teste nº4- Pinça Amperimetrica\NILM	Pinça Amperimetrica					Calculos		NILM	Calculos								
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P	Corrente(A)	Tensao	Potencia	Diferença	Pinça	NILM	Diferença	Pinça	NILM	Diferença
Router+PC+Estrator Fumos	233,9	0,68	169	0,95	50,1	159,052	151,0994	0,741	230	170,43	-1,43						
PC+Estrator Fumos	233,6	0,67	158	0,94	50,1	156,512	147,1213	0,734	230	168,82	-10,82	11	1,61	9,39			
Router+PC+Estrator Fumos	233,9	0,68	170	0,95	50,1	159,052	151,0994	0,738	230	169,74	0,26				-12	-0,92	-11,08
Router+Estrator Fumos	233,4	0,49	118	0,97	50,1	114,366	110,935	0,524	230	120,52	-2,52	52	49,22	2,78			
Router+PC+Estrator Fumos	233,8	0,67	156	0,95	50,1	156,646	148,8137	0,74	230	170,2	-14,2				-38	-49,7	11,68
Router+PC	235	0,41	66	0,61	50,1	96,35	58,7735	0,51	230	117,3	-51,3	90	52,9	37,1			
Router+PC+Estrator Fumos	234,1	0,69	167	0,95	50,1	161,529	153,4526	0,738	230	169,74	-2,74				-101	-52,4	-48,56
Router+Estrator Fumos+Microondas	231,2	5,57	1208	0,92	50,1	1287,784	1184,761	5,762	230	1325,26	-117,26						
Estrator Fumos+Microondas	230,8	5,56	1202	0,92	50,1	1283,248	1180,588	5,689	230	1308,47	-106,47	6	16,79	-10,79			
Router+Estrator Fumos+Microondas	231,4	5,57	1215	0,92	50,1	1288,898	1185,786	5,764	230	1325,72	-110,72				-13	-17,3	4,25
Router+Microondas	231,2	5,01	1023	0,87	50,1	1158,312	1007,731	5,12	230	1177,6	-154,6	192	148,12	43,88			
Router+Estrator Fumos+Microondas	231,2	5,6	1208	0,92	50,1	1294,72	1191,142	5,735	230	1319,05	-111,05				-185	-141	-43,55
Router+Estrator Fumos	232,1	0,64	164	0,96	50,1	148,544	142,6022	0,71	230	163,3	0,7	1044	1155,8	-111,75			
Router+Estrator Fumos+Microondas	230,6	5,62	1211	0,92	50,1	1295,972	1192,294	5,861	230	1348,03	-137,03				-1047	-1185	137,73
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	221,3	12,24	2729	0,99	50,1	2708,712	2681,625	13,04	230	2999,2	-270,2						
Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	221,4	12,16	2721	0,99	50,1	2692,224	2665,302	12,948	230	2978,04	-257,04	8	21,16	-13,16			
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	221,3	12,21	2730	0,99	50,1	2702,073	2675,052	13,1	230	3013	-283				-9	-35	25,96
Router+Aquecedor+Microondas	221,5	11,74	2594	0,99	50,1	2600,41	2574,406	11,927	230	2743,21	-149,21	136	269,79	-133,79			
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	222	12,27	2734	0,99	50,1	2723,94	2696,701	12,993	230	2988,39	-254,39				-140	-245	105,18
Router+Estrator Fumos+Microondas	225,3	5,59	1273	0,99	50,1	1259,427	1246,833	5,72	230	1315,6	-42,6	1461	1672,8	-211,79			
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	224,6	12,23	2738	0,99	50,1	2746,858	2719,389	12,989	230	2987,47	-249,47				-1465	-1672	206,87
Router+Estrator Fumos+Aquecedor	231,1	8,62	2038	1	50,1	1992,082	1992,082	8,91	230	2049,3	-11,3	700	938,17	-238,17			
Router+Estrator Fumos+Aquecedor+Microondas	221,8	12,21	2719	0,99	50,1	2708,178	2681,096	13,019	230	2994,37	-275,37				-681	-945	264,07
Aquecedor +Maq. Café+Microondas	219	17,55	3825	0,99	50,1	3843,45	3805,016	17,843	230	4103,89	-278,89						
Maq. Café+Microondas	232,6	10,04	2303	0,98	50,1	2335,304	2288,598	10,21	230	2348,3	-45,3	1522	1755,6	-233,59			
Aquecedor +Maq. Café+Microondas	219,5	17,43	3809	0,99	50,1	3825,885	3787,626	17,614	230	4051,22	-242,22				-1506	-1703	196,92
Aquecedor +Microondas	222,9	12,42	2761	0,99	50,1	2768,418	2740,734	13,14	230	3022,2	-261,2	1048	1029	18,98			
Aquecedor +Maq. Café+Microondas	220,3	17,47	3834	0,99	50,1	3848,641	3810,155	17,56	230	4038,8	-204,8				-1073	-1017	-56,4
Aquecedor +Maq. Café	224	13,04	2936	1	50,1	2920,96	2920,96	13,11	230	3015,3	-79,3	898	1023,5	-125,5			
Aquecedor +Maq. Café+Microondas	220,9	17,38	3821	0,99	50,1	3839,242	3800,85	17,44	230	4011,2	-190,2				-885	-996	110,9
Router+PC+Termoacumulador	238,7	4,98	1187	1	50,1	1188,726	1188,726	5,011	230	1152,53	34,47						
PC+Termoacumulador	238,5	4,97	1186	1	50,1	1185,345	1185,345	5,006	230	1151,38	34,62	1	1,15	-0,15			
Router+PC+Termoacumulador	238,7	4,98	1185	1	50,1	1188,726	1188,726	5,016	230	1153,68	31,32				1	-2,3	3,3
Router+Termoacumulador	239,1	4,81	1151	1	50,1	1150,071	1150,071	4,814	230	1107,22	43,78	34	46,46	-12,46			
Router+PC+Termoacumulador	238,5	5,06	1214	1	50,1	1206,81	1206,81	5,193	230	1194,39	19,61				-63	-87,2	24,17
Router+Pc	242	1,13	30	0,73	50,1	273,46	199,6258	1,2	230	276	-246	1184	918,39	265,61			
Router+PC+Termoacumulador	238,6	4,97	1183	1	50,1	1185,842	1185,842	5,016	230	1153,68	29,32				-1153	-878	-275,32
Soma			60936							Soma	-3966,55	8387	-713,41	-8370			656,12
										Diferença Media	-107,204			-44,588			41,0075
										Erro medio (%)	-7%			-9%			-8%

Teste nº5- Accionamento remoto de aparelhos com IR

Teste nº5- Pinça Amperimetrica\NILM	Pinça Amperimetrica					Calculos		NILM	Calculos			Pinça	NILM	Diferença
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P		Tensao	Potencia	Diferença			
Router+PC+TV	236,3	0,69	81	0,52	50,1	163,047	84,78444	0,55	230	126,5	-45,5			
Router+PC	235,8	0,42	41	0,48	50,1	99,036	47,53728	0,47	230	108,1	-67,1	40	18,4	21,6
PC+Estrator Fumos+TV	237,2	0,92	197	0,86	50,1	218,224	187,6726	0,909	230	209,07	-12,07			
PC+Estrator Fumos	237,4	0,77	153	0,91	50,1	182,798	166,3462	0,609	230	140,07	12,93	44	69	-25
Aquecedor+TV	227,5	8,39	1927	1	50,1	1908,725	1908,725	8,578	230	1972,94	-45,94			
Aquecedor	227,8	8,26	1881	1	50,1	1881,628	1881,628	8,293	230	1907,39	-26,39	46	65,55	-19,55
Router+PC+DVD	239,6	0,72	72	0,44	50,1	172,512	75,90528	0,108	230	24,84	47,16			
Router+PC	239,4	0,46	35	0,41	50,1	110,124	45,15084	0,02	230	4,6	30,4	37	20,24	16,76
PC+Estrator Fumos+DVD	238,7	0,81	171	0,92	50,1	193,347	177,8792	0,677	230	155,71	15,29			
PC+Estrator Fumos	239	0,76	149	0,92	50,1	181,64	167,1088	0,524	230	120,52	28,48	22	35,19	-13,19
Aquecedor+DVD	224,3	8,02	1814	1	50,1	1798,886	1798,886	8,1	230	1863	-49			
Aquecedor	224,5	8	1811	1	50,1	1796	1796	8,08	230	1858,4	-47,4	3	4,6	-1,6
Soma			8332						Soma			-159,14	192	-20,98
									Diferença Media			-13,2617		-3,49667
									Erro medio (%)			-2%		-11%

Teste da Habitação Real

Pinça Amperimetrica\NILM	Pinça Amperimetrica					Calculos		NILM			
	Tensao(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	cos phi	Frequencia(Hz)	S	P	Corrente(A)	Tensao	Potencia	Diferença
Situação 1	238,7	3,24	582	0,75	50,1	773,388	580,041	3,186	230	732,78	-150,78
Desligar Frigorifico	238,4	2,76	521	0,79	50,1	657,984	519,8074	2,273	230	522,79	-1,79
Arca congeladora, frigorifico, 1 lampada fluorescente, Tv			61							209,99	
Situação 2	239,6	2,3	448	0,81	50,1	551,08	446,3748	2,328	230	535,44	-87,44
Desligar Combinado	239,3	1,51	310	0,86	50,1	361,343	310,755	1,575	230	362,25	-52,25
Conbinado, tv+ aparelho meo, router, estrator de fumos, iluminação			138							173,19	
Situação 3	239,1	3,31	573	0,72	50,1	791,421	569,8231	3,219	230	740,37	-167,37
Desligar Arca Congeladora	239,8	2,32	430	0,78	50,1	556,336	433,9421	2,273	230	522,79	-92,79
Arca congeladora, combinado, 2 lampadas fluorescentes			143							217,58	
Situação 4	240,1	2,23	336	0,62	50,1	535,423	331,9623	2,273	230	522,79	-186,79
Ligar Maq. Lavar Roupa	239,2	2,59	396	0,65	50,1	619,528	402,6932	2,657	230	611,11	-215,11
Desligar Maq. Lavar Roupa	239,8	2,22	332	0,62	50,1	532,356	330,0607	2,16	230	496,8	-164,8
combinado, arca congeladora, router			62							101,315	
Situação 5	240,1	1,29	201	0,63	50,1	309,729	195,1293	1,32	230	303,6	-102,6
Ligar Maq. Lavar Loiça	239,4	1,54	246	0,66	50,1	368,676	243,3262	1,57	230	361,1	-115,1
Desligar Maq. Lavar Loiça	240	1,28	197	0,63	50,1	307,2	193,536	1,298	230	298,54	-101,54
combinado, arca congeladora, router, tv+aparelho meo			47							60,03	
Situação 6	237,5	2,81	379	0,57	50,1	667,375	380,4038	2,792	230	642,16	-263,16
Desligar Aparelhos Audio Visual Standby	236,4	2,72	340	0,53	50,1	643,008	340,7942	2,714	230	624,22	-284,22
combinado, arca congeladora, iluminação, tv+ aparelho meo, tv+dvd			39							17,94	
Situação 7	236,7	2,75	344	0,53	50,1	650,925	344,9903	2,752	230	632,96	-288,96
Desligar Equip. Informáticos Standby	236,2	2,72	335	0,52	50,1	642,464	334,0813	2,721	230	625,83	-290,83
equipamento informatico, router, iluminação combinado, arca congeladora			9							7,13	
Situação 8	242	1,15	261	0,95	50,1	278,3	264,385	0,967	230	222,41	38,59
Ligar Termoacumulador	238,5	5,33	1275	1	50,1	1271,205	1271,205	5,593	230	1286,39	-11,39
Desligar Termoacumulador	244,4	1,06	241	0,94	50,1	259,064	243,5202	0,965	230	221,95	19,05
combinado, iluminação, pc			1024							1064,21	
Situação 9	228,7	8,65	1817	0,92	50,1	1978,255	1819,995	8,634	230	1985,82	-168,82

Valor médio de consumo para uma habitação

Appliance Unit	Avg. Yearly Cons. kWh/appliance
Refrigerator without freezer	
Refrigerator with freezer	451
Freezer	543
Lamps	487
Washing machine	184
Clothes dryer	
Dishwasher	234
Desktop PC & Monitor	276
Laptop PC	
Printer	33
WLAN	
Router	58
Microwave Oven	33
Electric Cooker	
Kettle	70
TV CRT	124
TV LCD	
TV Plasma	
Settop Box	75
DVD Player	23
Air conditioner	
Vacuum cleaner	
Hi-Fi	
Chargers	
outros	500,0
Total	3091,0

