



**FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

## DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

### IMPLEMENTAÇÃO DA DIRECTIVA ATEX NO SECTOR INDUSTRIAL

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em  
Segurança aos Incêndios Urbanos

Autor

**André Tiago Tavares Cunha**

Orientadores:

**Professor Doutor José Carlos Miranda Góis**

**Professor Doutor José Manuel Baranda Moreira da Silva Ribeiro**



**FCTUC** DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

## **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

### **IMPLEMENTAÇÃO DA DIRECTIVA ATEX NO SECTOR INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em  
Segurança aos Incêndios Urbanos

Autor

**André Tiago Tavares Cunha**

Orientadores:

**Professor Doutor José Carlos Miranda Góis**

**Professor Doutor José Manuel Baranda Moreira da Silva Ribeiro**

**Coimbra, Julho, 2014**

## ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL .....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
ÍNDICE DE TABELAS .....	vi
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objectivos.....	7
1.3 Metodologia de desenvolvimento.....	7
2 ESTADO DA ARTE .....	9
2.1 Enquadramento legal e normativo.....	9
2.1.1 Legislação europeia.....	9
2.1.2 Legislação nacional .....	12
2.1.3 Normas .....	14
3 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E PROTECÇÃO DO RISCO DE EXPLOSÃO.....	33
4 EXPLOSÕES ORIGINADAS POR POEIRAS .....	37
4.1 Considerações gerais sobre a explosão de poeiras .....	40
4.2 Propagação de chama em explosões de poeiras .....	42
4.2.1. – Propagação unidimensional de chama em nuvens de poeiras .....	44
4.2.2. – Propagação de chama em reactores fechados.....	46
4.3. - Limites de explosibilidade .....	50
4.3.1. - Factores mecânicos. ....	52
4.3.1.1. - Granulometria.....	52
4.3.2. - Factores químicos.....	58
4.3.3. - Factores físicos.....	60
5 CASO PRÁTICO - AMORIM CORK COMPOSITES .....	65
5.1 Abordagem da implementação nacional da directiva atex .....	65
5.2 Escolha da Amorim Cork Composites .....	66
5.3 A Amorim Cork Composites.....	68
5.4 Actividade da Amorim Cork Composites .....	69
5.5 Objectivos do trabalho na Amorim Cork Composites .....	71
5.5.1 - Limites de aplicação.....	72
5.6 Termos e definições no trabalho prático.....	72
5.6.1- Termos e definições – Explosão .....	72
5.6.2- Classificação de zona .....	73
5.6.3- Classe de Temperatura .....	74
5.6.4- Selecção de Equipamentos .....	75
5.6.5- Classificação de Substâncias Inflamáveis .....	77

---

5.6.6- Modos de Protecção .....	77
5.6.7- Graus de Protecção para os Invólucros contra o acesso às partes perigosas.....	79
5.6.8 - Graus de protecção para os invólucros contra os impactos mecânicos externos ..	79
5.6.9- Marcação de Equipamento .....	79
5.7 - Condições de dimensionamento- explosão .....	81
5.7.1 - Leis e regulamentos governamentais .....	81
5.8 - Classificação de áreas.....	82
5.8.1 - Áreas classificadas .....	82
5.8.2 - Resumo da classificação.....	82
6 CASO PRÁTICO - REFINARIA DE SINES   GALP ENERGIA .....	86
6.1 - Caracterização da empresa .....	86
6.1.1 – A Galp Energia .....	86
6.1.2 – A Refinaria de Sines .....	87
6.2 – Refinaria de Sines - implementação da directiva ATEX.....	88
6.3 – Materiais e métodos.....	89
6.3.1 – Materiais .....	89
6.3.2 – Métodos .....	98
6.3.2.1 – Procedimento de trabalho .....	98
6.3.2.2 – Avaliação de Riscos de atmosferas explosivas.....	102
6.4 - Tratamento e análise de dados .....	106
7 CONCLUSÕES .....	114
8 PERSPECTIVAS FUTURAS .....	117
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1 – Condições necessárias para a ocorrência de uma explosão. ....	2
Figura. 1.2 – Domínio de explosividade de uma mistura combustível-ar.....	2
Figura 2.1 – equação para determinação da taxa mínima de fluxo volumétrico de ar. ....	23
Figura 2.2 – Equação para determinação de $V_k$ .....	24
Figura 2.3 – Equação para o cálculo do n.º de trocas de ar por unidade de tempo. ....	24
Figura 2.4 – Equação para determinação do volume hipotético.....	24
Figura 2.5 – Equação para determinação do volume hipotético em ambientes abertos...	25
Figura 2.6 – Equação para o cálculo da estimativa do tempo de persistência (t).....	26
Figura 2.7 – Modelo-exemplo de uma classificação de áreas para um ciclone.....	29
Figura 2.8 – Modelos - Exemplo de classificações de áreas para actividades. ....	32
Figura 3.1 – Marcações de aparelhos para utilização em atmosferas explosivas.....	36
Figura 4.1 – Principais factores condicionantes duma explosão de poeiras.....	40
Figura 4.2 – Organograma da formação de uma explosão de suspensões de poeiras .....	41
Figura 4.3 A- Explosividade do pó de alumínio no reactor de 20 L .....	51
Figura 4.3 B - Explosividade do pó de alumínio no reactor de 20 L .....	52
Figura 4.4 A - Efeito do tamanho da partícula do desenvolvimento da pressão .....	53
Figura 4.4 B - Efeito do tamanho da partícula do desenvolvimento da pressão .....	54
Figura 4.5 - Influência do diâmetro da partícula na concentração mínima de explosão ..	55
Figura 4.6 - Relação entre o inv. da concentração mín. de explosão /teor em voláteis....	57
Figura 4.7 – Comparação entre a pressão de explosão dos pós de carvão /gás metano...	59
Figura 4.8 – Efeito da energia de ignição na concentração mínima de explosão.....	62
Figura 5.1 – Implementação nacional da Directiva Atex .....	66
Figura 5.2 – Amorim Cork Composites .....	67
Figura 5.3 – Unidade de Negócios (UN) Aglomerados Compósitos - Mozelos .....	68
Figura 5.4 – Granulação da cortiça.....	69
Figura 5.5 – Aglomeração da cortiça.....	69
Figura 5.6 – Rolos de cortiça.....	70
Figura 5.7 – Artefactos de cortiça .....	70
Figura 5.8 – Esquema de actividades da Unidade de Negócios (UN).....	71
Figura 5.9 – Marcação de Equipamentos. ....	80
Figura 5.10 – Gráfico classificação geral - Classificação de zonas ATEX.....	84
Figura 6.1 - Galp Energia (sede corporativa; Lisboa) .....	86
Figura 6.2 - Refinaria de Sines .....	87
Figura 6.3 – Registo 1 – Lista de materiais inflamáveis (líquidos e gases) .....	90
Figura 6.4 – Identificação dos campos do registo 1 .....	90
Figura 6.5 – Registo 2 - Lista de materiais inflamáveis (poeiras combustíveis).....	91
Figura 6.6 – Identificação dos campos do registo 2 .....	91
Figura 6.7 – Registo 3 - Lista de quantidades existentes por local .....	92

---

Figura 6.8 – Identificação dos campos do registo 3 .....	92
Figura 6.9 – Registo 4 - Lista de identificação de fontes de libertação.....	93
Figura 6.10 – Registo 4 - Lista de identificação de fontes de libertação.....	93
Figura 6.11 – Registo 5 - Classificação e zonamento de áreas perigosas .....	94
Figura 6.12 – Registo 5 - Identificação dos campos do registo 5.....	94
Figura 6.13 – Registo 6 - Resumo das zonas classificadas .....	96
Figura 6.14 – Identificação dos campos do registo 6 .....	96
Figura 6.15 – Registo 7 - Matriz da avaliação de riscos.....	97
Figura 6.16 – Identificação dos campos do registo 7 .....	97
Figura 6.17 – Sector 2 – Classificação de zonas ATEX.....	98
Figura 6.18 – Sector 2 – Zona A - Classificação de zonas ATEX .....	106
Figura 6.19 – Gráfico Zona A - Classificação de zonas ATEX .....	107
Figura 6.20 – Sector 2 – Zona B - Classificação de zonas ATEX .....	107
Figura 6.21 – Gráfico Zona B - Classificação de zonas ATEX .....	108
Figura 6.22 – Sector 2 – Zona C - Classificação de zonas ATEX .....	108
Figura 6.23 – Gráfico Zona C - Classificação de zonas ATEX .....	109
Figura 6.24 – Sector 2 – Zona D, enchimento de cisternas .....	109
Figura 6.25 – Sector 2 – Zona D, enchimento de cisternas - Classificação de zonas ....	110
Figura 6.26 – Gráfico Zona D - Classificação de zonas ATEX .....	110
Figura 6.27 – Sector 2 – Classificação de zonas ATEX.....	111
Figura 6.28 – Sector 2 - Classificação Geral de zonas ATEX .....	112

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Exemplos de acidentes com ocorrência de atmosferas explosivas.....	5
Tabela 2.1 - Directiva 89/391/CEE .....	9
Tabela 2.2 - Directiva 1994/9/CE.....	10
Tabela 2.3 - Directiva 1999/92/CE.....	10
Tabela 2.4 – Regulamento n.º 1907/2006.....	11
Tabela 2.5 - Lei n.º102/2008 .....	12
Tabela 2.6 - Decreto-lei n.º 236/2003 de 30 de Setembro.....	13
Tabela 2.7 – Decreto-lei n.º 63/2008 .....	14
Tabela 2.8 - Decreto-lei n.º 63/2008 de 2 de Abril.....	14
Tabela 2.9 - Treze possíveis fontes de ignição segundo a Norma EN 1127-1:2007.....	17
Tabela 2.10 - Medidas de prevenção em parâmetros de processo.....	19
Tabela 2.11 - Diferentes tipos de graus de libertação.....	20
Tabela 2.12 - Tipos de ventilação.....	21
Tabela 2.13 - Graus de ventilação .....	22
Tabela 2.14 - Estimativa do grau de ventilação.....	26
Tabela 2.15 - Disponibilidade da ventilação .....	27
Tabela 2.16 - Influência da ventilação no tipo de zona.....	27
Tabela 2.17 - Diferentes tipos de graus de libertação.....	30
Tabela 2.18 - Factor de eficácia de ventilação em ambientes abertos – vent. natural.....	31
Tabela 2.19 - Factor de eficácia de ventilação em ambientes fechados – vent. artificial.....	31
Tabela 2.20 - Limites de capacidade acima dos quais a classif. de áreas é necessária. ...	32
Tabela 4.1 – Temp. de auto-inflamação indicativas para suspensões de partículas .....	64
Tabela 5.1 – Termos e definições – explosão.....	72
Tabela 5.2 – Definições da classificação de zona – explosão .....	73
Tabela 5.3 – Classificação Poeiras .....	73
Tabela 5.4 – classes de temperatura dos gases .....	74
Tabela 5.5 – Classificação de equipamentos segundo Grupos e Categorias.....	75
Tabela 5.6 – Classificação dos gases.....	77
Tabela 5.7 – Modos de protecção para equipamentos eléctricos .....	77
Tabela 5.8 – Modos de protecção para equipamentos não eléctricos.....	78
Tabela 5.9 – Código IP .....	79
Tabela 5.10 – Código IK .....	79
Tabela 5.11 – Classificação de zonas .....	83
Tabela 6.1 – Registos desenvolvido no decorrer do trabalho.....	89
Tabela 6.2 – Memória descritiva do registo 1 .....	90
Tabela 6.3 – Memória descritiva do registo 2 .....	92
Tabela 6.4 – Memória descritiva do registo 3 .....	93
Tabela 6.5 – Memória descritiva do registo 4 .....	93
Tabela 6.6 – Memória descritiva do registo 5 .....	95

---

Tabela 6.7 – Memória descritiva do registo 6 .....	96
Tabela 6.8 – Memória descritiva do registo 7 .....	97
Tabela 6.9 – Análise dos diferentes métodos .....	103
Tabela 6.10 – Definição dos diferentes tipos de uma probabilidade de ignição .....	104
Tabela 6.11 – Matriz de conj. da probabilidad. de ignição com a classificação da área....	104
Tabela 6.12 – Matriz Diferentes tipos de gravidade.....	105
Tabela 6.13 – Conjug. da prob. de materialização com a gravidade das consequências	105
Tabela 6.14 – Definições dos diferentes níveis de risco.....	105



## RESUMO

O presente documento aborda a temática da segurança em atmosferas explosivas e tem por título: “Implementação da directiva ATEX no sector industrial”. O trabalho foi desenvolvido no âmbito da Dissertação de Mestrado em Segurança aos Incêndios Urbanos, no Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

A redução do risco de explosão associado a atmosferas explosivas é extremamente importante tendo em conta os danos significativos que este tipo de incidente normalmente causa nas pessoas, instalações e ambiente e os consequentes prejuízos económicos que daí advêm. Com a preocupação em diminuir a ocorrência de explosões acidentais e eventuais incêndios consequentes, o Parlamento e o Conselho Europeu publicaram a Directiva 94/9/CE, aplicável aos aparelhos e sistemas de protecção destinados a serem utilizados em atmosferas potencialmente explosivas e a Directiva 99/92/CE que estabelece as prescrições mínimas destinados a promover a melhoria da protecção, da segurança e da saúde dos trabalhadores, susceptíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas. Com a publicação das duas Directiva ATEX, foi criado um enquadramento legislativo, com objectivo de proteger as instalações sujeitas a atmosferas explosivas e os trabalhadores que nelas laboravam.

Em Portugal a transposição da Directiva 99/92/CE de 16 de dezembro foi feita através do Decreto-lei n.º 236/2003, de 30 de setembro. Passou a ser obrigatório classificar as áreas onde se possam formar atmosferas explosivas, de acordo com a frequência e duração das mesmas. Esta classificação impõe requisitos específicos na selecção dos equipamentos a utilizar nessas áreas, garantindo o nível de protecção mais adequado aos trabalhadores.

O empregador é obrigado a reunir um conjunto de medidas definidas num manual de protecção contra explosões, bem como a adequar as instalações em função dos riscos detectados e a proceder à formação do pessoal a prestar serviço nessas áreas. É por isso de extrema importância que as empresas desenvolvam uma análise sobre a possibilidade da existência de atmosferas explosivas nas suas actividades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Explosão, ATEX, Segurança, Avaliação.

## **ABSTRACT**

This work is relative to the safety in explosive atmospheres, and is devoted to analyse the "Implementation of ATEX Directive in industry" as is performed under the Master on Urban Fire Safety at Civil Engineering Department of the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra.

The reduction of the risk of explosion is extremely important mainly due to the high severity damage in people and environment. In order to reduce the explosions and fires in the workplaces, the European Parliament and Council Directive published two ATEX directives to establish rules on equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres and to protect the facilities and the workers laboring them to explosive atmospheres.

In Portugal the transposition of Directive 99/92/CE into National law is carried out by DL n.º 236/2003, of september 30. According this regulation all areas where explosive atmospheres may occur must be classified according to the frequency and duration of them. This classification leads to the selection of equipment to be used, ensuring the most appropriate level of protection.

The employer should provide a set of measures according an explosion protection manual and adapt the facilities according to the identified risks and undertake the training of personnel to provide service in these areas.

**KEYWORDS:** Explosion, ATEX, Safety, Assessment.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

Uma explosão é uma reacção súbita de oxidação ou de decomposição que envolve um aumento de temperatura, pressão ou ambos. Na origem deste fenómeno estão atmosferas explosivas (ATEX). Estas resultam da presença de:

- Poeiras em suspensão, armazenamento e descarga de materiais em estado pulveréneo, ou seja, sob a forma de partículas com um diâmetro inferior a 500µm.
- Gases ou vapores inflamáveis, por exemplo os vapores de solventes orgânicos, hidrogénio, gás natural, biogás sulfeto de hidrogénio, etc.

O Decreto-lei n.º 236/2003 de 30 de setembro de 2003 transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 1999/92/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro que estabelece as prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria de protecção de segurança e saúde dos trabalhadores susceptíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas. De acordo com o diploma, entende-se por:

- Atmosfera explosiva: uma mistura com o ar, em condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis, sob a forma de gases, vapores, névoas ou poeiras, na qual, após a ignição, a combustão se propague a toda a mistura;
- Área perigosa: uma área na qual se pode formar uma atmosfera explosiva em concentrações que exijam a adopção de medidas de prevenção especiais a fim de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores abrangidos;
- Área não perigosa: uma área em que não é provável a formação de atmosferas explosivas em concentrações que exijam a adopção de medidas preventivas especiais;

A explosão é um tipo particular de combustão sendo portanto necessária a presença simultânea dos elementos constituintes do triângulo do fogo. No caso específico das explosões envolvendo poeiras combustíveis, além desses elementos é necessária a presença de mais outros três, constituindo-se o hexágono da explosão, conforme se ilustra de seguida.

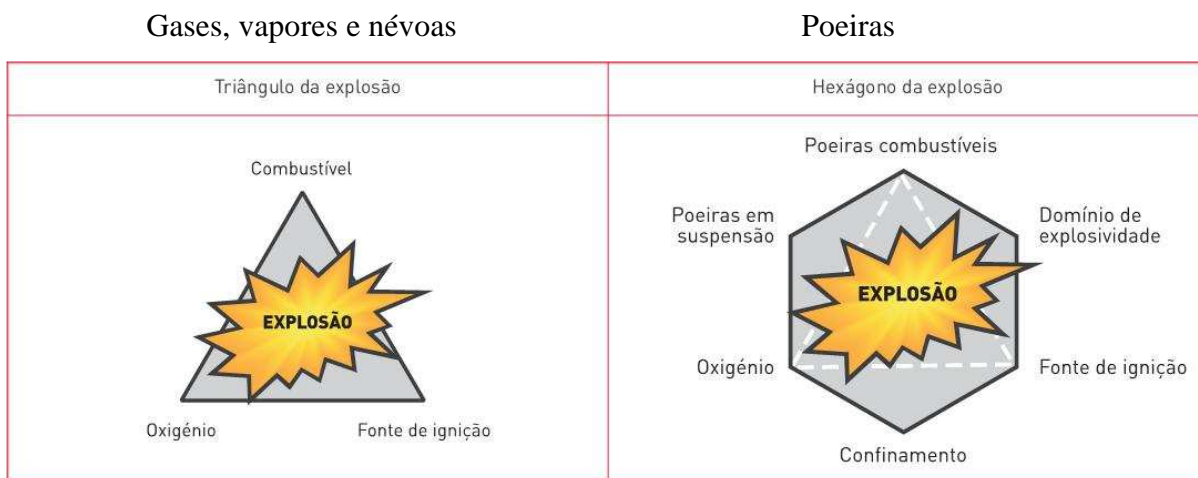


Figura. 1.1 – Condições necessárias para a ocorrência de uma explosão.

Para que ocorra uma explosão é necessária que a concentração de combustível no ar esteja no domínio de explosividade, conforme se ilustra de seguida.



Figura. 1.2 – Domínio de explosividade de uma mistura combustível-ar.

O domínio da explosividade é limitado inferiormente por uma concentração mínima de combustível no ar, abaixo da qual não ocorre explosão; e que é designada por “Limite Inferior de Explosividade” – LIE.

A concentração máxima de uma mistura combustível-ar que pode estar na origem de uma explosão é designada por “Limite Superior de Explosividade” – LSE.

Para os gases e vapores ambos os limites LIE e LSE estão bem definidos para determinadas condições operativas de pressão e temperatura. Por exemplo para o gás natural, o LIE é aproximadamente 5%, muito idêntico ao LIE do metano. Para as poeiras também existem bem definidos. Registando maiores irregularidades para o LSE De acordo com a norma europeia EN 1127-1:1997, as fontes de energia que podem estar na origem da ignição de uma atmosfera explosiva são classificadas do seguinte modo:

- Superfícies, chama e gases quentes (incluindo partículas incandescentes);
- Faíscas produzidas mecanicamente;
- Instalações eléctricas;
- Correntes eléctricas de fuga, protecção catódica contra a corrosão (em ânodos em alumínio ou magnésio);
- Electricidade estática;
- Raios (resultantes de fenómenos atmosféricos);
- Ondas electromagnéticas de radiofrequência entre 100kHz e  $3 \times 10^{12}$ Hz;
- Ondas electromagnéticas entre 300GHz e  $3 \times 10^{15}$ Hz;
- Radiação ionizante;
- Ultra-sons;
- Compressão adiabática e ondas de choque;
- Reacções exotérmicas.

As substâncias combustíveis em estado pulverulento são caracterizadas, em matéria de segurança contra explosões, por uma propriedade fundamental, a temperatura de inflamação. A temperatura de inflamação de uma suspensão de partículas combustíveis é a temperatura mínima de uma superfície quente capaz de promover a inflamação da mistura das poeiras com o ar. Quando se trata de produtos no estado líquido, a temperatura de inflamação é a temperatura mínima a partir da qual se libertam vapores em quantidade suficiente que, quando em contacto com uma fonte de ignição efectiva, entram em combustão.

Uma fonte de ignição efectiva tem uma energia igual ou superior à energia mínima que tem de ser fornecida a determinada substância combustível para promover a sua ignição.

A ignição de uma mistura só se consegue realizar se a proporção combustível/ar estiver dentro destes valores que se designam por limites de explosividade, isto é, só no intervalo entre estes dois valores é que a mistura é inflamável. Tais valores limite variam consoante o tipo de combustível. Quanto mais alargado for o intervalo de Explosividade, mais perigoso é o combustível em causa. Em função da velocidade de combustão e do aumento de pressão gerado por uma explosão distinguem-se os fenómenos de explosão em deflagração e em detonação. Numa deflagração a velocidade de propagação da onda explosiva é menor que a velocidade do som nesse material. A velocidade da chama é de várias dezenas ou centenas de m/s e a pressão máxima atinge valores de cerca de 10 bar. Já numa detonação a velocidade da reação é da ordem de km/s e a pressão máxima é de algumas centenas de kbar. Ocorre então, uma propagação supersónica da reação caracterizada por uma onda de choque. A explosão é muito mais violenta, com danos bastante mais significativos dos que são associados à deflagração. O volume de atmosfera explosiva, o confinamento e os obstáculos favorecem a violência das explosões aumentando os danos criados. Em espaços não confinados, as explosões ocorrem geralmente sob a forma de deflagrações, sabendo-se, no entanto, que regra geral os vapores e gases inflamáveis são mais propícios a originarem detonações do que as poeiras. O mecanismo de explosão das poeiras combustíveis difere do dos gases e vapores inflamáveis, sendo que a própria explosão de uma mistura ar/poeira, poderá provocar o levantamento de mais poeiras e a ocorrência de explosões sucessivas. Para que as poeiras possam explodir, é necessário que sejam combustíveis e que formem com o ar uma mistura relativamente homogénea que satisfaça certas condições, função das suas propriedades, como sejam, a granulometria, a concentração mínima de explosividade, a concentração limite de oxigénio, a energia mínima de inflamação ou a temperatura de inflamação. Caso uma explosão ocorra num intervalo de tempo/espaço com a presença de trabalhadores, estes ficam expostos a riscos devido aos efeitos incontrolados das chamas, sob a forma de radiação térmica, e da pressão de explosão, sob formação de ondas de pressão e projecção de destroços, bem como alterações da atmosfera susceptíveis de causar problemas respiratórios. As explosões não são as causas mais frequentes de acidentes no trabalho, embora tenham consequências profundas e dramáticas em termos de perdas de vidas humanas e de custos económicos.

Como exemplos dessas consequências profundas e dramáticas podem referir-se alguns acidentes que ocorreram durante últimos anos:

Tabela 1.1 - Exemplos de acidentes com ocorrência de atmosferas explosivas.

DATA	LOCALIDADE	EMPRESA	CONSEQUÊNCIAS
4 Janeiro 1966 (BERTHET, L. 2008)	Lyon França	Refinaria de Feyzin	18 Mortos 77 Feridos
21-09-2001 (IGLESIA, L. 2002)	Toulouse França	AZF	30 Mortos 2500 Feridos
29 Janeiro 2003 (US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION. 2003)	Kinston, North Caroline Estados Unidos da América	West Pharmaceutical services, Inc.	6 Mortos 38 Feridos
29 Outubro 2003 (US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION. 2003)	Huntington, Indiana Estados Unidos da América	Hayes Lemmerz International, Inc	1 Morto 6 Feridos
23 de Abril 2004 (US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION. 2004)	Illioopolis, Illinois Estados Unidos da América	Formosa Plastics Vinyl Chloride	5 Mortos 2 Feridos Comunidade evacuada
25 Janeiro 2005 (US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION. 2005)	Perth Amboy, New Jersey Estados Unidos da América	Acetylene Service Company (ASCO)	3 Mortos
7 Fevereiro 2008 (US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION. 2008)	Port Wentworth, Georgia Estados Unidos da América	Imperial Sugar Company	14 Mortos 36 Feridos
28 de Agosto 2008 (US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION. 2008)	West Virgina Estados Unidos da América	Bayer CropScience	2 Mortos 8 Feridos

Os dados estatísticos de acidentes com explosões mostram que podem provocar lesões graves e morte de muitos trabalhadores. Os riscos de explosão existem em todas as empresas onde sejam utilizadas substâncias inflamáveis. Estas matérias podem ser matérias-primas, produtos intermédios, produtos finais e resíduos do processo de fabrico. A necessidade de reduzir a incidência de explosões nas actividades susceptíveis a esse tipo de atmosferas, levou à criação e publicação, pelo Parlamento Europeu e o Conselho de directivas vulgarmente conhecidas por ATEX. (COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS, 2006). Foi assim criado, a nível europeu, um quadro legislativo para a protecção de trabalhadores e instalações sujeitas a atmosferas explosivas. A Directiva 99/92/CE de 16 de dezembro

transposta para a ordem jurídica portuguesa pelo DL n.º 236/2003, de 30 de setembro veio impor em todos os locais onde se detecte a presença de tais atmosferas, a adopção de medidas

de prevenção e protecção dos trabalhadores, estabelecendo, para os locais que estejam em funcionamento antes da entrada em vigor do presente diploma, um prazo máximo de 3 anos até a adaptação completa (Setembro de 2006). É igualmente definido que as áreas onde se possam formar atmosferas explosivas devem ser classificadas em função da frequência e duração das mesmas, constituindo essa classificação o critério para a selecção dos equipamentos a utilizar de forma a garantir um nível de protecção adequado. Por outro lado, o empregador está sujeito à obrigatoriedade de reunir um conjunto de medidas num manual de protecção contra explosões, bem como a adequar as instalações em função dos riscos detectados e proceder à formação do pessoal a prestar serviço nessas zonas.

É por isso de extrema importância que as empresas desenvolvam uma análise sobre a possibilidade da existência de atmosferas explosivas nas suas actividades e desenvolvam um Manual de Segurança contra Explosões, que irá constituir uma ferramenta de organização, sujeita a actualização periódica que permitirá obter uma visão global das zonas com risco especial (neste caso de formação de atmosferas explosivas), bem como as medidas de prevenção e protecção existentes e o comportamento e medidas a adoptar nesses locais, tendo em vista a salvaguarda da segurança e saúde dos trabalhadores que prestem serviço nesse local.



## 1.2 Objectivos

Pelas razões descritas anteriormente a protecção contra explosões reveste-se de grande importância no âmbito da segurança, visto que os seus efeitos podem causar danos de elevada gravidade tanto nas pessoas, como nas instalações e no meio ambiente. A comunidade mundial tem envidado esforços para encontrar medidas eficazes de prevenção e protecção de modo a evitar acidentes produzidos por atmosferas explosivas. São diversos os guias que indicam a obrigatoriedade e a necessidade da entidade empregadora proceder a uma correcta avaliação nas instalações onde sejam manuseadas substâncias inflamáveis. Portugal transpôs para a legislação nacional as directivas ATEX, não tendo, todavia, prosseguido no sentido da produção de documentação técnica sobre os melhores procedimentos visando uma correcta avaliação de risco para atmosferas explosivas<sup>1</sup>. Desta forma, importa avaliar como responderam as empresas Portuguesas às exigências impostas pelas directivas ATEX. Para o efeito foram definidos como objectivos:

- Elaboração do procedimento para realizar uma avaliação de riscos de explosões em meio industrial;
- Aplicação de uma folha de cálculo capaz de efectuar os cálculos para a determinação da Classificação e Zonamento das áreas perigosas;
- Elaboração de uma metodologia da gestão de riscos de atmosferas explosivas nos locais de trabalho.

## 1.3 Metodologia de desenvolvimento

O estudo foi elaborado e estruturado em termos metodológicos visando duas etapas.

Na primeira etapa efectuar um levantamento do estado da arte sobre as atmosferas explosivas, em termos de legislação, no quadro nacional, europeu e internacional e em termos de conceitos gerais de prevenção e protecção aplicados a atmosferas explosivas e análise de explosões de poeiras

---

<sup>1</sup> Excepção feita para a publicação n.º 25 do Instituto para a Segurança e Higiene e Saúde no Trabalho sobre “Segurança e Saúde dos Trabalhadores Expostos a Atmosferas Explosivas: Guia de Boas Práticas”.

Na segunda etapa avaliar num contexto prático a implementação da directiva ATEX no sector industrial, mais concretamente ao nível das explosões originadas por poeiras, na empresa Amorim Cork Composites, S.A.

O trabalho na Amorim Cork Composites foi realizado através de visitas técnicas às instalações para recolher dados para o preenchimento dos registos elaborados. Durante as visitas foram realizadas algumas reuniões com técnicos da empresa a recolher dados relativos algumas aos sistemas e processos implementados . Com os dados obtidos na empresa, foi feito um tratamento e uma análise dos resultados, a que se seguiu as conclusões e as perspectivas de trabalho futuro.

## 2 ESTADO DA ARTE

A temática “Atmosferas explosivas” ou como é chamada vulgarmente – ATEX, encontra-se presente em diversos tipos de diplomas legais, internacionais, europeus e nacionais, assim como em normativos, referenciais técnicos e documentos de vária índole reveladores do conhecimento científico que tem vindo a ser desenvolvido.

### 2.1 Enquadramento legal e normativo

#### 2.1.1 Legislação europeia

Em 1989, a Comunidade Europeia publicou uma Directiva-Quadro relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho. Esta Directiva (Tab. 2.1) exige que o empregador adopte as disposições necessárias à defesa da segurança e da saúde dos trabalhadores, designadamente medidas de prevenção dos riscos profissionais, de informação e de formação dos trabalhadores. A fim de planificar as acções preventivas, estabelece igualmente como obrigação do empregador a execução de uma avaliação de riscos, que deverá considerar todos os perigos e riscos existentes no local de trabalho.

Tabela 2.1 - Directiva 89/391/CEE.

<i>Artigo</i>	<i>Descrição</i>
<b>5º</b> <b>Definições</b>	1. A entidade patronal é obrigada a assegurar a segurança e a saúde dos trabalhadores em todos os aspectos relacionados com o trabalho.
<b>6º</b> <b>Obrigações gerais das entidades patronais</b>	3. Sem prejuízo das restantes disposições da presente directiva, a entidade patronal deve, de acordo com a natureza das actividades da empresa e/ou do estabelecimento: a) Avaliar os riscos para a segurança e a saúde dos trabalhadores, inclusivamente na escolha dos equipamentos de trabalho e das substâncias ou preparados químicos e na concepção dos locais de trabalho. Na sequência desta avaliação, e na medida do necessário, as actividades de prevenção e os métodos de trabalho e de produção postos em prática pela entidade patronal devem: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Assegurar um nível mais eficaz de protecção da segurança e da saúde dos trabalhadores,</li> <li>– Ser integrados no conjunto das actividades da empresa e/ou do estabelecimento e a todos os níveis da hierarquia.</li> </ul>

Dentro dos riscos tecnológicos, os incêndios e explosões são, por esta ordem, os mais comuns. Os riscos de explosão, pelas suas consequências profundas e dramáticas em termos de perdas de vida humana, de incapacidade física e de custos económicos, são tratados com atenção especial pela Comunidade Europeia.

É neste quadro que se inserem as duas directivas denominadas comumente por directivas ATEX (do francês ATmosphère EXplosive). A primeira Directiva, Directiva 1994/9/CE de 23 de março, (Tab. 2.2) identifica o fabricante como único responsável pela conformidade do seu produto (aparelhos e sistemas e protecção), tendo como obrigações gerais:

Tabela 2.2 - Directiva 1994/9/CE.

<i>Artigo</i>	<i>Descrição</i>
<b>1º Âmbito de aplicação, colocação no mercado e livre circulação</b>	2. O âmbito de aplicação da presente directiva abrange igualmente os dispositivos de segurança, de controlo e de regulação destinados a serem utilizados fora de atmosferas potencialmente explosivas, mas que sejam necessários ou que contribuam para o funcionamento seguro dos aparelhos e sistemas de protecção no que se refere aos riscos de explosão.

Aproximadamente cinco anos depois, a Comunidade Europeia edita a segunda Directiva ATEX, Directiva 1999/92/CE, de 16 de dezembro de maneira a dar cumprimento ao que tinha ficado estabelecido na anterior.

Esta, por sua vez, é relativa às prescrições de segurança a aplicar pelo empregador nos locais de trabalho, sujeitos a atmosferas explosivas com vista à protecção dos trabalhadores. Impõe, em todos os locais onde se detecte a presença destas atmosferas, a adopção de medidas de prevenção e protecção dos trabalhadores, estabelecendo um prazo máximo de três anos até adaptação completa. As áreas onde se possam formar atmosferas explosivas devem ser classificadas em função da frequência e duração das mesmas, constituindo essa classificação o critério para a selecção dos equipamentos a utilizar de forma a garantir um nível de protecção adequado. Assim é evidenciado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Directiva 1999/92/CE.

<b>Artigo</b>	<b>Descrição</b>
<b>3º Prevenção e protecção contra explosões</b>	(...) a entidade patronal deve adoptar medidas técnicas e/ou organizacionais adequadas à natureza das operações e que permitam, por ordem de prioridade, satisfazer os princípios básicos seguidamente estabelecidos: — Prevenir a formação de atmosferas explosivas, ou, se a natureza da actividade não o permitir, — Evitar a ignição de atmosferas explosivas, e — Atenuar os efeitos prejudiciais de uma explosão de forma a garantir a saúde e a segurança dos trabalhadores.
<b>4º Avaliação dos riscos de explosão</b>	1 – (...), a entidade patronal procederá à avaliação dos riscos de explosão, devendo, pelo menos, ter em conta: — a probabilidade de ocorrência e a duração da presença de atmosferas explosivas, — a probabilidade da presença de fontes de ignição, incluindo descargas eléctricas, e de que estas se tornem activas e causadoras de risco, — as instalações, as substâncias utilizadas, os processos e as suas eventuais interacções, — a dimensão das consequências previsíveis. Os riscos de explosão devem ser avaliados globalmente.

<b>5º Obrigações gerais</b>	<p>(...) a entidade patronal adoptará as medidas necessárias para que:</p> <p>— os locais onde se formem atmosferas explosivas em concentrações susceptíveis de pôr em perigo a saúde e a segurança dos trabalhadores ou de terceiros sejam concebidos de forma a que o trabalho possa ser executado em segurança,</p> <p>— nos locais onde se possam formar atmosferas explosivas em concentrações susceptíveis de constituírem um risco para a segurança e a saúde dos trabalhadores, seja assegurada uma supervisão adequada durante a presença de trabalhadores, de acordo com a avaliação de riscos, mediante o recurso a meios técnicos apropriados.</p>
<b>8.º Documento sobre a protecção contra explosões</b>	<p>(...) a entidade patronal assegurará que seja elaborado e mantido actualizado um documento a seguir designado por documento sobre a protecção contra explosões.</p>
<b>Anexo I Classificação das áreas onde podem formar-se atmosferas explosivas</b>	<p><b>Zona 0</b> Área onde existe permanentemente, durante longos períodos de tempo, ou frequentemente, uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis, sob a forma de gás, vapor ou névoa.</p> <p><b>Zona 1</b> Área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis, sob a forma de gás, vapor ou névoa.</p> <p><b>Zona 2</b> Área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis, sob a forma de gás, vapor ou névoa.</p> <p><b>Zona 20</b> Área onde está presente no ar permanentemente, durante longos períodos ou frequentemente uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível.</p> <p><b>Zona 21</b> Área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional no ar de uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível</p> <p><b>Zona 22</b> Área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação no ar de uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível ou onde, caso se verifique essa formação seja de curta duração.</p>

A presença de atmosferas explosivas é originada pela existência de substâncias inflamáveis. Em 2006, o Parlamento Europeu publicou o Regulamento n.º 1907/2006 de 18 de dezembro mais conhecido por REACH, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos, que cria a Agência Europeia dos Produtos Químicos.

Tabela 2.4 – Regulamento n.º 1907/2006.

<i>Artigo</i>	<i>Descrição</i>
<b>31.º</b>	<p>1. O fornecedor de uma substância ou preparação deve fornecer ao destinatário da substância ou preparação uma ficha de dados de segurança elaborada em conformidade com o Anexo II</p> <p>3. O fornecedor deve facultar ao destinatário, a pedido deste, uma ficha de dados de segurança elaborada em conformidade com o Anexo II</p>

<p><b>Anexo II Guia para elaboração de fichas de dados de segurança</b></p>	<p>Guia para a elaboração das fichas de dados de segurança</p>
---	--

As fichas de dados de segurança de uma substância ou preparação são de extrema importância para a avaliação da perigosidade em termos da segurança e saúde dos trabalhadores. Por isso aquele Regulamento estabelece as obrigações dos fornecedores neste âmbito e disponibiliza um Guia para elaboração de fichas de dados de segurança, conforme consta da Tabela 2.4.

### 2.1.2 Legislação nacional

Portugal transpôs todas as Directivas Europeias anteriormente citadas. Das acima referidas, a primeira a ser transposta para direito nacional foi a Directiva Quadro através da Lei n.º 102/2008 de 10 de setembro. Este diploma legal veio regulamentar o regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e da saúde no trabalho definindo as obrigações gerais do empregador, como revelado na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Lei n.º102/2008.

<i>Artigo</i>	<i>Descrição</i>
<b>Artigo 15.º Obrigações gerais do empregador</b>	1 — O empregador deve assegurar ao trabalhador condições de segurança e de saúde em todos os aspectos do seu trabalho.

Em 1996, Portugal transpôs para o direito interno a 1ª Directiva ATEX que estabeleceu as regras de segurança e de saúde relativas aos aparelhos e sistemas de protecção destinados a serem utilizados em atmosferas potencialmente explosivas, através do Decreto-lei n.º 112/96, de 5 de agosto tendo igualmente publicado a respectiva regulamentação na Portaria n.º 341/97, de 21 de maio.

Em 2003, a segunda directiva ATEX foi transposta para a ordem jurídica portuguesa através do DL n.º 236/2003, de 30 de setembro.

A Tabela 2.6 apresenta alguns dos aspectos relevantes deste Decreto-lei relativo às prescrições de segurança a observar pelo empregador nos locais de trabalho sujeitos a atmosferas explosivas com vista à protecção dos trabalhadores.

Este decreto é relativo às prescrições de segurança a aplicar pelo empregador nos locais de trabalho, sujeitos a atmosferas explosivas com vista à protecção dos trabalhadores.

Tabela 2.6 - Decreto-lei n.º 236/2003 de 30 de setembro.

<i>Artigo</i>	<i>Descrição</i>
<b>Artigo 2.o Âmbito</b>	1 — O presente diploma é aplicável à administração pública central, regional e local, aos institutos públicos e demais pessoas colectivas de direito público, e a todos os ramos de actividade dos sectores privado, cooperativo e social, bem como os trabalhadores independentes, no que respeita aos trabalhos susceptíveis de expor os trabalhadores a riscos derivados de atmosferas explosivas.
<b>Artigo 4.o Classificação das áreas perigosas</b>	1 — As áreas perigosas são classificadas, em função da frequência e da duração da presença de atmosferas explosivas, ...
<b>Artigo 5.o Avaliação dos riscos de explosão</b>	1 — O empregador deve avaliar de forma global os riscos de explosão, tendo em conta as obrigações gerais do empregador previstas no regime aplicável em matéria de segurança, higiene e saúde no trabalho e nomeadamente os seguintes aspectos: a) A probabilidade de ocorrência de atmosferas explosivas, bem como a sua duração; b) A probabilidade da presença de fontes de ignição, incluindo descargas eléctricas e a possibilidade de as mesmas se tornarem activas e causarem risco; c) As descargas electrostáticas provenientes dos trabalhadores ou do ambiente de trabalho enquanto portadores ou geradores de carga eléctrica; d) As instalações, as substâncias utilizadas, os processos e as suas eventuais interacções; e) As áreas que estejam ou possam estar ligadas através de aberturas àquelas onde se possam formar atmosferas explosivas; f) A amplitude das consequências previsíveis.
<b>Artigo 6.o Prevenção e protecção contra explosões</b>	1 — O empregador deve prevenir a formação de atmosferas explosivas através de medidas técnicas e organizativas apropriadas à natureza das operações, tendo em conta os princípios de prevenção consagrados no regime aplicável em matéria de segurança, higiene e saúde no trabalho. 2 — Se, dada a natureza da actividade, for impossível evitar a formação de atmosferas explosivas, o empregador deve adoptar medidas técnicas e organizativas que evitem a ignição das mesmas e atenuem os efeitos prejudiciais de uma explosão, de forma a proteger a vida, a integridade física e a saúde dos trabalhadores.
<b>Artigo 9.o Manual de protecção contra explosões</b>	1 — Ao proceder à avaliação de riscos de explosão, o empregador deve assegurar a elaboração e a actualização de um manual de protecção contra explosões.

Posteriormente, a 23 de abril de 2008 foi publicado em Diário da República o Decreto-lei n.º 63/2008, de 23 de abril. Este diploma transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 1999/45/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de Maio, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados membros respeitantes à classificação, embalagem e rotulagem de preparações perigosas, adaptada ao progresso técnico pela Directiva n.º 2001/60/CE, da Comissão, de 7 de agosto, e, no que respeita às preparações perigosas, a Directiva n.º 2001/58/CE, da Comissão, de 27 de Julho. De modo semelhante ao estipulado na Directiva, a Tabela 8 evidencia a relevância atribuída, nesta matéria, às Fichas de dados de segurança.

Tabela 2.7 – Decreto-lei n.º 63/2008

<i>Artigo</i>	<i>Descrição</i>
<b>13.º Ficha de dados de segurança</b>	<p>1 — As informações fornecidas nas fichas de dados de segurança destinam-se, sobretudo, aos utilizadores profissionais e devem permitir-lhes tomar as medidas necessárias para proteger a saúde e o ambiente e garantir a segurança nos locais de trabalho.</p> <p>2 — A ficha de dados de segurança referida no n.º 1 deve ser datada e elaborada nos termos do guia de elaboração das fichas de dados de segurança, constante do anexo VIII</p> <p>3 — O responsável pela colocação no mercado de uma preparação perigosa, ..., deve fornecer ao utilizador profissional uma ficha de dados de segurança elaborada de acordo com o número anterior, o mais tardar por ocasião da primeira entrega da preparação, e, posteriormente, após qualquer revisão efectuada na sequência de novas informações significativas relativas à segurança e à protecção da saúde e do ambiente. A nova versão, datada e identificada como «Revisão...(data)», deve ser distribuída a todos os utilizadores profissionais que tenham recebido a preparação nos 12 meses precedentes.</p>

A 2 de Abril de 2008 foi publicado em Diário da República o Decreto-lei n.º 63/2008. Este diploma procede à 1ª alteração ao Decreto-lei n.º 82/2003 de 23 de Abril, que aprova o Regulamento para a Classificação, Embalagem, Rotulagem e Fichas de dados de Segurança de Preparações Perigosas, transpondo para a ordem jurídica interna as Directivas n.ºs 2004/66/CE, do Conselho, de 26 de abril, 2006/8/CE, da Comissão, de 23 de Janeiro e 2006/96/CE, do Conselho de 20 de novembro.

Tabela 2.8 - Decreto-lei n.º 63/2008 de 2 de abril.

<i>Artigo</i>	<i>Descrição</i>
<b>13.º Ficha de dados de segurança</b>	<p>— As informações fornecidas nas fichas de dados de segurança destinam -se, sobretudo, aos utilizadores profissionais e devem permitir -lhes tomar as medidas necessárias para proteger a saúde e o ambiente e garantir a segurança nos locais de trabalho.</p> <p>2 - A ficha de dados de segurança referida no n.º 1 deve ser datada e elaborada em conformidade com o guia para a elaboração das fichas de dados de segurança, constante do anexo II do Regulamento (CE) n.º 1907/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Dezembro</p>

Esta alteração permitiu que Portugal passasse a dispor de um quadro legal idêntico ao estabelecido para todo o território da União Europeia.

### 2.1.3 Normas

Para além da legislação referida existe ainda um conjunto de normas europeias harmonizadas ao abrigo das directivas ATEX, das quais se destacam no âmbito deste trabalho.

#### **EN 1127-1:2007 Atmosferas explosivas – Prevenção de explosões e protecção. Parte 1: Conceitos básicos e metodologia**

Esta norma europeia especifica métodos para a identificação e avaliação de situações perigosas que possam levar a explosões demarcando três pontos:



1. Identificação do perigo
2. Avaliação do risco
3. Redução do risco

De seguida é apresentado um resumo de que cada ponto:

## **1. IDENTIFICAÇÃO DO PERIGO**

Para a identificação do perigo, aborda os seguintes parâmetros:

### **Propriedades para combustão**

Deve-se ter em conta que não é o material em si que representa o potencial perigo, mas o seu contacto ou mistura com o ar, logo, as propriedades da mistura das substâncias inflamáveis com o ar devem ser determinadas e analisadas. Essas propriedades que dão informações sobre o comportamento da substância em questões de incêndio ou mesmo explosão, são da maior relevância, como é o caso de:

- *Flash-point* das substâncias,
- Limites de explosão,
- Concentração limite de oxigénio.

### **Requisitos da ignição**

As propriedades para a ignição de uma atmosfera explosiva carecem de ser também ser determinadas. De entre os dados mais importantes a ter em conta, estão:

- Energia mínima de ignição;
- A temperatura de ignição de uma atmosfera explosiva;
- A temperatura mínima de ignição de uma camada de poeira.

### **Comportamento da explosão**

O comportamento da atmosfera explosiva após a ignição deve ser caracterizado através de dados, como:

- a) Pressão máxima de explosão ( $P_{max}$ );

- b) Taxa máxima de aumento de pressão (  $(dp/dt)_{max}$ );
- c) Falha experimental de segurança máxima (MESG).

## 2. AVALIAÇÃO DO RISCO

A avaliação de riscos inclui os seguintes elementos para os quais a norma disponibiliza orientações:

- a) Identificar do perigo. Os dados de segurança referidos no ponto anterior devem auxiliar na avaliação, demonstrando se as substâncias inflamáveis apresentam facilidade na sua ignição;
- b) Determinar a probabilidade da atmosfera explosiva ocorrer e o volume desta;

Neste ponto deverá ter-se em conta que a ocorrência de uma atmosfera explosiva perigosa depende dos seguintes factores:

- A presença de uma substância inflamável
- O grau de dispersão da substância inflamável (por exemplo: gases, vapores, névoas, poeiras).

Os gases e vapores, devido à sua natureza, apresentam um grau de dispersão suficientemente alto para produzir uma atmosfera explosiva. Nas névoas e poeiras, para que ocorra uma atmosfera explosiva pode-se assumir um valor das partículas de 0,1 mm.

- A concentração da substância inflamável no ar dentro do limite de explosão

A ocorrência de uma explosão é possível quando a concentração de uma substância inflamável dispersa no ar atinge um valor mínimo (limite inferior de explosão). Por outro lado, uma explosão não irá ocorrer quando a concentração excede um valor máximo (limite superior de explosão).

- A quantidade de atmosfera explosiva suficiente para causar danos ou prejuízos por ignição

- c) Determinar a presença e a probabilidade da existência de fontes de ignição, que sejam capazes de inflamar a atmosfera explosiva.

A capacidade de uma fonte de ignição deve ser comparada com as propriedades de ignição da substância inflamável. A probabilidade de ocorrência de fontes de ignição efectivas deve ser avaliada, tendo em conta as que podem surgir, por exemplo, por actividades de manutenção e limpeza.

A norma, como mostra a Tabela 2.9, apresenta uma listagem de treze possíveis fontes de ignição.

Tabela 2.9 - Treze possíveis fontes de ignição segundo a norma EN 1127-1:2007.

<i>Tipo de fonte de ignição</i>	<i>Descrição</i>
<b>Superfícies quentes</b>	Se uma atmosfera explosiva entrar em contacto com uma superfície quente a ignição pode ocorrer. Não só uma superfície quente por si própria pode agir como fonte de ignição, como também uma camada de poeira combustível em contacto com uma superfície quente e incendiado pela mesma pode agir como fonte de ignição para uma atmosfera explosiva.
<b>Chamas e gases quentes</b>	As chamas estão associadas às reacções de combustão a temperaturas superiores a 1000 °C. Os gases quentes são produzidos como produtos de reacção e, no caso de poeira e/ou chamas fuliginosas também são produzidas partículas sólidas ardentes. As chamas, os seus produtos quentes de reacção ou, caso contrário, gases altamente quentes, podem incendiar uma atmosfera explosiva. As chamas, mesmo as mais pequenas estão entre as fontes de ignição mais efectivas. Faíscas geradas mecanicamente A utilização de ferramentas que possam produzir faíscas geradas mecanicamente podem provocar a ignição de substâncias inflamáveis.
<b>Instalações eléctricas</b>	No caso de aparelhos eléctricos, as faíscas eléctricas e as superfícies quentes podem ocorrer como fontes de ignição. As faíscas eléctricas podem ser geradas, por exemplo: quando os circuitos eléctricos são abertos e fechados; por ligações soltas e/ou por correntes de fuga. Correntes eléctricas de fuga, protecção catódica Se as partes de um sistema capazes de transportar correntes de fuga forem desligadas, ligadas ou em forma de ponte - mesmo no caso de diferenças de potencial ligeiras - uma atmosfera explosiva pode ser incendiada como resultado de faíscas eléctricas e/ou arcos. Além disto, a ignição também pode ocorrer devido ao aquecimento destes percursos da corrente.
<b>Electricidade estática</b>	A descarga de peças carregadas, isoladas por condutor, pode facilmente conduzir a faíscas que apresentam risco de inflamação. Descargas atmosféricas Se um relâmpago entrar numa atmosfera explosiva, a ignição irá sempre ocorrer. Além disso, existe também a possibilidade de ignição devido à alta temperatura atingida por raios condutores.
<b>Ondas Electromagnéticas de Frequência de Rádio 104 – 3×1012 Hz</b>	As ondas electromagnéticas são emitidas por todos os sistemas que geram e utilizam energia de frequência de rádio, por exemplo, transmissores de rádio, geradores industriais ou médicos RF para aquecimento, secagem, endurecimento, soldadura, corte, entre outros. Todas as partes condutoras localizadas no campo de radiação funcionam como antenas de recepção. Se o campo for suficientemente potente e se a antena de recepção for suficientemente grande, estas partes condutoras podem causar a ignição em atmosferas explosivas. Ondas Electromagnéticas de 3×1011 – 3×1015 Hz A radiação nesta gama espectral podem, especialmente quando concentrada, tornar-se uma fonte de ignição através da absorção por atmosferas explosivas ou superfícies sólidas.

<b>Radiação ionizante</b>	A radiação por ionização, gerada por, por exemplo, tubos de raio X e substâncias radioactivas podem incendiar atmosferas explosivas como resultado da absorção de energia. Ultra-sons Na utilização de ondas e som ultra-sónicas, uma grande proporção da energia emitida pelo transdutor electroacústico é absorvida por substâncias líquidas ou sólidas. Como resultado a substância exposta a ultra-sons aquece de forma a que, em casos extremos, a ignição pode ser induzida.
<b>Compressão adiabática e ondas de choque</b>	No caso de compressão adiabática ou quase adiabática e nas ondas de choque, podem ocorrer tais altas temperaturas que as atmosferas explosivas (e a poeira depositada) podem incendiar. Reacções Exotérmicas, incluindo Auto-Ignição de Poeiras As reacções exotérmicas podem actuar com uma fonte de ignição quando a taxa de geração de calor excede a taxa de perda de calor para as imediações. Muitas reacções químicas são exotérmicas.
<b>Reacções Exotérmicas, incluindo Auto-Ignição de Poeiras</b>	As reacções exotérmicas podem actuar com uma fonte de ignição quando a taxa de geração de calor excede a taxa de perda de calor para as imediações. Muitas reacções químicas são exotérmicas.

Fonte: adaptado da norma EN 1127-1:2007.

d) Determinar os possíveis efeitos de uma explosão.

Em caso de ocorrer uma explosão, os possíveis efeitos desse acontecimento devem ser considerados.

e) Avaliar o risco;

f) Tomar medidas para a redução dos riscos.

### 3. REDUÇÃO DO RISCO

Havendo a possibilidade da existência de uma atmosfera explosiva, de uma fonte de ignição eficaz e de efeitos esperados de uma explosão, será necessário intervir imediatamente através dos princípios básicos de prevenção e protecção contra explosão.

#### Prevenção

- Evitar atmosferas explosivas

Este objectivo só pode ser alcançado mediante a alteração ou a concentração da substância inflamável para um valor fora dos limites de explosividade ou a concentração de oxigénio para um valor abaixo da concentração limite de oxigénio (LOC), como assinalado na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 - Medidas de prevenção em parâmetros de processo.

<i>Tipo de medida</i>	<i>Descrição</i>
<b>Substituição ou redução da quantidade de substâncias que são capazes de formar atmosferas explosivas</b>	Troca de substâncias inflamáveis por substâncias não inflamáveis ou por substâncias que não sejam capazes de formar atmosferas explosivas
<b>Limitação na concentração</b>	Se não for possível evitar o uso de substâncias capazes de formar atmosferas explosivas, a formação de quantidades perigosas de atmosferas explosivas no interior do equipamento, sistemas de protecção e os componentes podem ser impedidos ou limitados por medidas para controlar a quantidade e / ou concentração
<b>Inertização</b>	A adição de gases inertes (nitrogénio, dióxido de carbono, gases nobres), vapor de água ou de substâncias inertes pulverulentas (por exemplo, carbonato de cálcio) compatível com os produtos processados podem prevenir a formação de atmosferas explosivas (inertes).

Fonte: adaptado da norma EN 1127-1:2007;

- Evitar qualquer possível fonte de ignição eficaz.
- Protecção
- Limitar os efeitos de explosões em medidas de protecção aceitáveis na construção.

### **IEC 60079-10:2002 Material eléctrico para atmosferas explosivas. Parte 10: Classificação de locais perigosos**

Nas áreas onde quantidades e concentrações perigosas de gás ou vapor inflamável possam surgir devem ser aplicadas medidas de protecção de forma a reduzir o risco de explosões. Este segmento da norma IEC 60079 estabelece os critérios essenciais contra o quais os riscos de ignição podem ser avaliados e dar orientações sobre os parâmetros que podem ser usados para reduzir esses riscos.

Esta norma assinala a classificação das áreas onde possam surgir gás, vapor ou névoas inflamáveis podendo ser usada como referência na selecção adequada e instalação de equipamentos a implantar em áreas classificadas.

Naquele sentido apresenta um procedimento - base para a classificação das áreas, assente nos seguintes parâmetros:

#### **Fontes de libertação**

Os elementos básicos para determinar os tipos de zona de risco são a identificação das fontes de libertação e a determinação do grau de libertação.

### **Grau de libertação**

Existem três tipos de grau de libertação, como referido na Tabela 2.11:

Tabela 2.11 - Diferentes tipos de graus de libertação.

<i>Tipo de grau de libertação</i>	<i>Descrição</i>
<b>Contínuo</b>	Existe uma libertação continuada ou que ocorra frequentemente por longos períodos.
<b>Primário</b>	Existe uma libertação que é esperada ocorrer periodicamente ou ocasionalmente durante a operação normal.
<b>Secundário</b>	Existe uma libertação que não é esperada ocorrer em operação normal e, caso ocorra, é pouco frequente e por curtos períodos.

Fonte: adaptado da norma IEC 60079-10.

### **Tipo de zona**

A probabilidade da presença de uma atmosfera explosiva de gás depende principalmente do grau de libertação e de ventilação. Esta probabilidade será identificada como uma zona.

As zonas são reconhecidas como: zona 0, Zona 1, Zona 2 e área não-perigosos.

### **Extensão da zona**

A extensão da zona depende da distância estimada ou calculada sobre a qual uma atmosfera explosiva existe antes de dispersar a concentração no ar abaixo do limite inferior de explosividade com um factor de segurança adequado.

### **Taxa de libertação**

De uma maneira muito simples podemos concluir que quanto maior for a taxa de libertação, maior será a extensão da zona. A taxa de libertação depende de parâmetros como:

- Geometria da fonte de libertação;
- Velocidade de libertação;
- Concentração;

- Volatilidade do líquido inflamável;
- Limite inferior de explosividade (LIE).

Para um determinado volume libertado, pode afirmar-se que quanto menor for o seu LIE, maior será a extensão da zona.

## Ventilação

Com o aumento da ventilação, a extensão da zona é normalmente reduzida. Obstáculos que impedem a ventilação podem aumentar a extensão da zona. Por outro lado, alguns obstáculos, como por exemplo, barreiras, paredes ou tectos, podem limitar a extensão.

A norma apresenta um anexo dedicado a este parâmetro, tendo por objectivo fornecer orientações para avaliar o grau de ventilação, definindo as condições de ventilação e fornecendo explicações, exemplos e cálculos. Tais orientações podem ser utilizadas na concepção de sistemas de ventilação artificial, uma vez que estes são de extrema importância para controlar a dispersão das emissões de gases e vapores inflamáveis.

A ventilação apresenta-se em dois tipos: natural e artificial, conforme Tabela 2.12.

Tabela 2.12 - Tipos de ventilação.

<i>Tipo de ventilação</i>	<i>Descrição</i>
Natural	Este é um tipo de ventilação que é obtido pelo movimento do ar causado pelo vento e/ou pelo gradiente de temperatura. Em situações de ar livre, a ventilação natural por norma será suficiente para garantir a dispersão de qualquer atmosfera explosiva que possa surgir.
Artificial	Define-se este tipo de ventilação quando o movimento de ar necessário para ventilação é provido por meios artificiais, por exemplo, ventoinhas e extractores.

Fonte: adaptado da norma IEC 60079-10

## Grau de ventilação

A eficácia da ventilação no tempo de persistência e na dispersão de uma atmosfera explosiva irá depender de três factores: o grau de ventilação, a eficácia da ventilação e a concepção do local.

Por exemplo, a ventilação poderá não ser suficiente para evitar a formação de uma atmosfera explosiva, mas poderá ser suficiente para prevenir a sua persistência no tempo.

Nesta norma, como assinalado na Tabela 2.13, são reconhecidos três graus de ventilação:

Tabela 2.13 - Graus de ventilação.

<i>Grau de ventilação</i>	<i>Descrição</i>
<b>Ventilação Alta (VH)</b>	Consegue reduzir a concentração na fonte de libertação praticamente de forma instantânea, resultando numa concentração abaixo do limite inferior de explosão.
<b>Ventilação Média (VM)</b>	Consegue controlar a concentração, resultante do limite de uma zona estável, enquanto a libertação está a decorrer e onde a atmosfera explosiva não persiste indevidamente após a paragem.
<b>Ventilação Baixa (VL)</b>	Não pode controlar a concentração, enquanto esta está a decorrer e/ou também não pode prevenir a persistência de uma atmosfera inflamável depois desta parar.

Fonte: adaptado da norma IEC 60079-10.

O tamanho e o tempo de persistência possíveis de uma nuvem de gás ou vapor inflamável após uma fonte de libertação cessar, podem ser controlados através de meios de ventilação.

Este normativo apresenta ainda um método de avaliação de modo a determinar-se o grau de ventilação necessário para controlar a extensão e a persistência da atmosfera potencialmente explosiva.

### **Estimativa do volume hipotético ( $V_z$ )**

O volume hipotético –  $V_z$  - representa o volume no qual a concentração média do gás ou vapor inflamável é 0,25 ou 0,5 vezes o limite inferior de explosividade (LIE), dependendo do valor do factor de segurança  $k$ . Isto significa que nas extremidades do volume hipotético estimado, a concentração do gás ou vapor estaria significativamente abaixo do LIE, ou seja, o volume no qual a concentração está acima do LIE seria menor do que  $V_z$ .

Relacionamento entre o volume hipotético e a extensão das áreas perigosas. O volume hipotético oferece uma orientação para a forma do volume de gás de uma fonte de risco, mas esta não irá definir as dimensões da área classificada.

Em primeiro lugar, a forma do volume hipotético não é definida, mas influenciada pelas condições de ventilação. O grau e disponibilidade da ventilação e possíveis variações destes parâmetros influenciarão a forma do volume hipotético.

Em segundo lugar, a posição do volume hipotético em relação à fonte de risco necessitará ser estabelecida. Tal depende, inicialmente, da direcção da ventilação, considerando o volume



hipotético favorável à direcção do vento. Em muitas situações, (por exemplo, em locais abertos) deve ser considerada a possibilidade de variação das direcções da ventilação.

Dessa forma, as dimensões de uma área classificada, de uma determinada fonte de risco, é geralmente superior ao volume hipotético.

Para determinar o volume hipotético, é necessário primeiro, estabelecer a taxa de mínima de fluxo da ventilação teórica de ar para diluir uma determinada quantidade de material inflamável, numa concentração requerida abaixo do limite inferior de explosividade. Isto pode ser calculado através da equação da Figura 2.1:

$$(dV/dt)_{min} = \frac{(dV/dt)_{max}}{k \times LIEm} \times \frac{T}{293}$$

Onde:

$(dV/dt)_{min}$  Taxa mínima de fluxo volumétrico de ar [ $m^3/s$ ]

$(dV/dt)_{max}$  Taxa de libertação na fonte de libertação [ $kg/s$ ]

$LIEm$  Limite inferior de explosividade [ $kg/m^3$ ]

$K$  Factor de segurança aplicado ao LIE

$T$  Temperatura ambiente [K]

Figura 2.1 – equação para determinação da taxa mínima de fluxo volumétrico de ar.

O factor de segurança  $k$  é um valor aplicado tipicamente ao LIE. O valor que este irá tomar dependerá do tipo de fonte de libertação: contínua, primária ou secundária. O factor de segurança num caso em que se tenha uma fonte de libertação contínua ou primária será de 0,25. Se a fonte de libertação for secundária, o valor que  $k$  irá ter será de 0,5.

A relação entre o valor calculado -  $(dV/dt)_{min}$  - e a taxa de ventilação do volume considerado ( $V_0$ ) nas proximidades da fonte de libertação, pode ser expresso como um volume ( $V_k$ ) como indicado na Figura 2.2:

$$V_k = \frac{(dV/dt)_{min}}{C}$$

Onde:

$(dV/dt)_{min}$  Taxa mínima de fluxo volumétrico de ar [ $m^3/s$ ]

$C$  número de trocas de ar por unidade de tempo [ $S^{-1}$ ]

Figura 2.2 – Equação para determinação de  $V_k$

como assinalado na Figura 2.3, o número de trocas de ar por unidade de tempo deriva de:

$$C = \frac{dV_0/dt}{V_0}$$

Onde:

$C$  número de trocas de ar por unidade de tempo [ $S^{-1}$ ]

$dV_0/dt$  Taxa de fluxo de ar através do volume considerado. [ $S^{-1}$ ]

$V_0$  Volume total fornecido pela ventilação nas proximidades da fonte considerada

Figura 2.3 – Equação para o cálculo do n.º de trocas de ar por unidade de tempo.

A equação apresentada na Figura 2.4 serve para situações de misturas homogéneas e instantâneas da fonte de libertação com o ar em condições ideais de libertação. Na prática, esta situação ideal geralmente não é encontrada, por exemplo, por causa de possíveis obstruções na libertação do ar, originando partes da área precariamente ventiladas. Então, a troca efectiva de ar da fonte de libertação é menor do que a dada por  $C$  na equação, levando a um aumento do volume ( $V_z$ ).

Através da introdução de um factor de correcção (qualidade) adicional  $f$  na equação, obtendo-se, como representado na Figura 2.4:

$$V_z = f \times V_k = \frac{f \times (dV/dt)_{min}}{C}$$

Onde :

$f$  Facto relativo à eficiência da ventilação [ $S^{-1}$ ]

$(dV/dt)_{min}$  Taxa mínima de fluxo volumétrico de ar [ $m^3/s$ ]

$C$  número de trocas de ar por unidade de tempo [ $S^{-1}$ ]

Figura 2.4 – Equação para determinação do volume hipotético

O factor relativo à eficiência da ventilação  $f$  pretende descrever a capacidade de diluição da atmosfera explosiva do gás, vapor ou nébula da substância inflamável. Este parâmetro varia entre 1 (situação ideal) até 5 (circulação de ar impedida).

### Situações em ambientes ao ar livre (abertos)

Em situações de ambiente aberto, até mesmo com velocidades de ar muito baixas irá criar-se um número elevado de trocas de ar.

De maneira a realizar-se uma aproximação conservativa, considerou-se  $C = 0,03/s$  para situações em ambiente aberto; um volume hipotético de uma atmosfera potencialmente explosiva poderá ser obtido através da equação constante da Figura 2.5:

$$V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{min}}{0,003}$$

$f$  Factor relativo à eficiência da ventilação [ $S^{-1}$ ]

$(dV/dt)_{min}$  Taxa mínima de fluxo volumétrico de ar [ $m^3/s$ ]

Figura 2.5 – Equação para determinação do volume hipotético em ambientes abertos.

Contudo, devido a dispersão ser normalmente mais rápida que em qualquer outro tipo de ambiente, como resultado dos diferentes mecanismos de dispersão, esta equação irá resultar, geralmente, num volume sobre dimensionado.

Para evitar que tal aconteça, o valor de  $f$  deve ser seleccionado de uma forma mais realista.

### Estimativa do tempo de persistência $t$

O tempo  $t$  requerido para uma concentração média baixar de um valor inicial  $X_0$  até LIE vezes  $k$ , depois de a libertação ter parado, como indicado na Figura 2.6, pode ser calculado através de:

$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LIE \times k}{X_0}$$

$f$  Eficiência da ventilação

$C$  número de trocas de ar por unidade de tempo [ $S^{-1}$ ]

**K** Factor de segurança aplicado ao LIE

$X_0$  Concentração inicial de uma substancia inflamável [% Vol]

Figura 2.6 – Equação para o cálculo da estimativa do tempo de persistência (t).

### Estimativa do grau de ventilação

Inicialmente era sugerido que uma fonte de libertação contínua, normalmente geraria a ocorrência de uma zona 0, assim como uma fonte de libertação primária uma zona 1 e uma fonte de libertação secundária uma zona 2. Porém, isto nem sempre é verdade devido sobretudo ao efeito da ventilação.

Em algumas situações, tanto o grau como o nível de disponibilidade da ventilação apresentam valores elevados conduzindo a que, na prática, a área passe a ser não classificada. Inversamente, o grau de ventilação pode ser baixo originando uma área classificada de maior risco (ou seja, uma zona 1 ser produzida para uma fonte de libertação secundária). A estimativa dos graus consta na Tabela 2.14.

Tabela 2.14 - Estimativa do grau de ventilação.

<i>Grau de ventilação</i>	<i>Descrição</i>
<b>Ventilação Alta (VH)</b>	A ventilação pode ser considerada como alta quando uma avaliação do risco mostra que a extensão do prejuízo potencial devido ao aumento súbito da temperatura e/ou pressão, como resultado da ignição de uma atmosfera explosiva de volume igual a $V_z$ , é desprezível.
<b>Ventilação Média (VM)</b>	Se a ventilação não for alta nem baixa, então, ela deve ser considerada como média.
<b>Ventilação Baixa (VL)</b>	A ventilação deve ser considerada como baixa se $V_z$ excede $V_0$ .

Fonte: adaptado da norma IEC 60079-10.

### Disponibilidade da ventilação

A disponibilidade da ventilação influencia a possibilidade de formação de uma atmosfera explosiva. Dessa forma, a disponibilidade (bem como o grau) da ventilação necessita de ser levada em consideração aquando da determinação do tipo de zona.

Nesta norma, a disponibilidade da ventilação apresenta-se dividida em três tipos, conforme mostra a Tabela 2.15.

Tabela 2.15 - Disponibilidade da ventilação.

<b>Disponibilidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Boa</b>	Ventilação está presente praticamente de modo contínuo
<b>Satisfatória</b>	Ventilação é esperada estar presente sob condições normais de operação. Descontinuidades são admitidas mas elas ocorrem esporadicamente e por curtos períodos;
<b>Pobre</b>	Ventilação que não atende o padrão de satisfatória ou boa, mas não são esperadas descontinuidades que ocorram por longos períodos.

Fonte: adaptado da norma IEC 60079-10.

Os dois tipos de ventilação, natural e artificial, já referenciados anteriormente devem ser tidos em conta.

Para ambientes abertos, a avaliação da ventilação deve ser baseada na velocidade mínima assumida pelo vento (0,5 m/s), o qual estará presente praticamente de modo contínuo. Neste caso, a disponibilidade poderá ser considerada como boa.

Na avaliação da disponibilidade da ventilação artificial, a fiabilidade do equipamento e a disponibilidade de equipamentos de reserva devem ser considerados. Uma disponibilidade boa irá solicitar normalmente, em acontecimentos inesperados, o funcionamento automático dos equipamentos de reserva. Contudo, se medidas são tomadas para prevenir a libertação de material inflamável quando a ventilação falhar, a classificação especificada com a ventilação a funcionar não necessita de ser modificada, isto é, a disponibilidade pode ser assumida como boa.

Na norma, é apresentada uma tabela resumo da conjugação do tipo de ventilação (grau e disponibilidade) com o grau de fuga, a qual se encontra adaptada na Tabela 2.16.

Tabela 2.16 - Influência da ventilação no tipo de zona.

<b>VENTILAÇÃO</b>							
<b>Grau</b>							
	Alto		Médio			Baixo	
<b>Disponibilidade</b>							
<b>Grau de fuga</b>	Boa	Razoável	Fraca	Boa	Razoável	Fraca	Boa, Razoável, Fraca
<b>Contínuo</b>	(Zona 0 EN) NP <sup>a</sup>	(Zona 0 EN) Zona 2 <sup>a</sup>	(Zona 0 EN) Zona 1 <sup>a</sup>	Zona 0	Zona 0 e Zona 2	Zona 0 e Zona 0	Zona 0
<b>Primário</b>	(Zona 1 EN) NP <sup>a</sup>	(Zona 1 EN) Zona 2 <sup>a</sup>	(Zona 1 EN) Zona 2 <sup>a</sup>	Zona 1	Zona 1 e Zona 2	Zona 1 e Zona 2	Zona 1 ou Zona 0 <sup>b</sup>
<b>Secundário</b>	(Zona 2 EN) NP <sup>a</sup>	(Zona 2 EN) NP <sup>a</sup>	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 ou Zona 0 <sup>b</sup>

Fonte: adaptado da norma IEC 60079-10

Nesta tabela deverá ter-se em conta o seguinte:

- <sup>a</sup> – As zonas 0 NP, 1 NP ou 2 NP indicam uma zona teoricamente com uma extensão negligenciável em condições normais.
- <sup>b</sup> – Nestes casos a zona será sempre considerada 0 quer a ventilação seja fraca, quer a libertação seja suficientemente grande para criar uma zona de risco.

### **Densidade relativa do gás na altura da sua libertação**

Se o gás ou vapor for significativamente mais leve que o ar, ele tenderá a mover-se para cima. Caso seja significativamente mais pesado, tenderá a acumular-se ao nível do solo.

### **IEC 61241-10:2004 Material eléctrico para uso na presença de poeiras combustíveis. Parte 10: Classificação de locais perigosos**

As poeiras são perigosas, pois que quando se encontram dispersas no ar podem formar atmosferas potencialmente explosivas. Além disso, as camadas de poeiras podem inflamar-se e agir como fontes de ignição de uma atmosfera explosiva.

Esta parte da norma IEC 61241 debruça-se sobre a identificação e classificação das áreas onde as atmosferas explosivas de poeira e camadas de poeira combustível estão presentes, a fim de permitir a avaliação adequada de fontes de ignição nessas áreas.

Nesta norma, as atmosferas explosivas provocadas por poeira e camadas de poeira combustível são tratadas separadamente.

Tal como na parte da norma que retratava os gases, vapores e névoas inflamáveis, esta apresenta igualmente um procedimento - base para a classificação das áreas.

As atmosferas explosivas criadas por pó são formadas a partir de fontes de libertação de poeiras. Uma fonte de libertação de poeiras é um ponto ou local onde a poeira existe e com isso possa formar uma atmosfera explosiva. Isto inclui camadas de pó capazes de ser dispersos de modo a formar uma nuvem de poeira.

Nem todas as fontes de libertação produzem necessariamente uma atmosfera explosiva. O procedimento para a identificação e classificação de área é o seguinte:

- a) O primeiro passo consiste em identificar se o material é combustível e, para efeitos de avaliação de fontes de ignição, determinar as características do material, tais como granulometria, teor de humidade, temperatura mínima de ignição e camada de resistividade eléctrica;
- b) O segundo passo é identificar onde pode existir concentração de poeira ou as fontes de libertação de poeira. Esta etapa deve incluir a identificação da possibilidade de formação de camadas de poeira;
- c) O terceiro passo visa determinar a probabilidade do pó ser lançado a partir dessas fontes e, assim, haver risco de atmosferas explosivas de pó em várias partes da instalação.

Esta norma, tal como a anterior, apresenta anexos que estabelecem de linhas orientadoras para uma correcta avaliação e classificação.

Ao contrário das atmosferas explosivas criadas por gases, vapores e névoas, as criadas por poeiras não necessitam de desenvolver análises matemáticas.

São apresentados alguns modelos-exemplos com avaliações de processos, indicados na Figura 2.7:

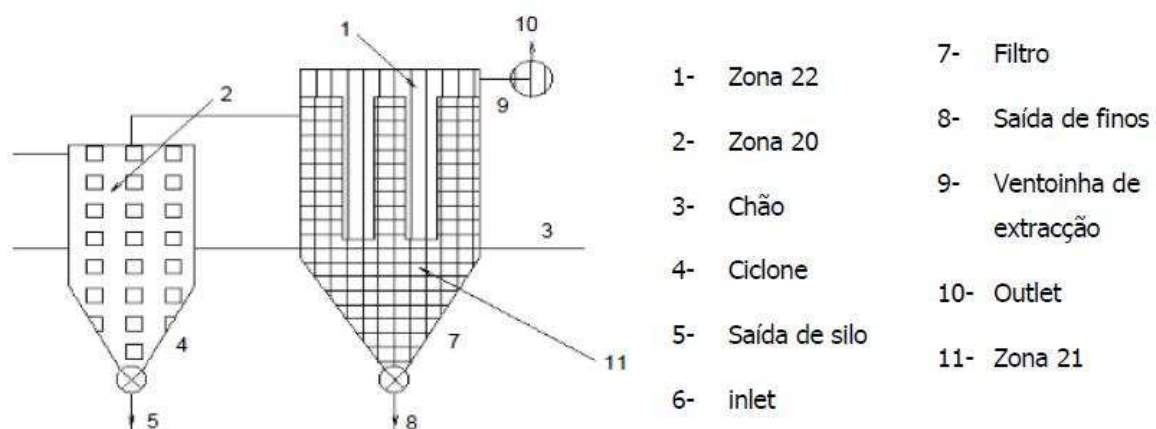


Figura 2.7 – Modelo-exemplo de uma classificação de áreas para um ciclone

Fonte: adaptado da norma IEC 61241-10.

### **CEI 31-35:2001-01 - Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive per la presenza di gás – Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10**

Esta norma italiana destina-se a fornecer algumas orientações sobre a aplicação da norma EN 60079-10 sobre a classificação de áreas de risco para uma atmosfera potencialmente explosiva.

Tal como nas normas anteriormente descritas, esta também apresenta uma metodologia em tudo semelhante às anteriores.

O que faz com que mereça uma atenção especial, reside na maneira como descreve e delimita parâmetros para o cálculo da ventilação e igualmente por estabelecer parâmetros na definição de tempos para se atender aos diferentes tipos de graus de libertação.

Perante esta norma, os três tipos de graus de libertação podem ser definidos como referido na Tabela 2.17:

Tabela 2.17 - Diferentes tipos de graus de libertação.

<i>Tipo de grau de libertação</i>	<i>Duração total de uma atmosfera explosiva num ano</i>
<b>Contínuo</b>	Superior a 1000h
<b>Primário</b>	Entre 10h a 1000h
<b>Secundário</b>	Entre 0,1h a 10 h

Fonte: adaptado da norma CEI 31-35:2001-01.

Esta norma apresenta, de forma detalhada, as equações relativas ao modo de realização do cálculo da ventilação para se obter a extensão da área. Nos normativos anteriores, alguns dos pontos das equações não eram descritos nem delineados, podendo com isso criar um entendimento diferente para diversas situações.

Esta norma apresenta definições para a classificação do factor de eficácia da ventilação (f).

Assim, o factor de eficácia de ventilação (f) pode ser definido sem prejuízo das responsabilidades da avaliação caso a caso pelas pessoas responsáveis por este tipo de classificação de áreas.

A norma define para dois tipos de situações os cinco tipos de factores de eficácia de ventilação (1 a 5):

- Tipo de ambientes abertos com ventilação natural, como o evidência a Tabela 2.18.



Tabela 2.18 - Factor de eficácia de ventilação em ambientes abertos com ventilação natural.

<i>Factor de eficácia (f)</i>	<i>Descrição</i>
<b>f = 1</b>	Ambiente aberto com livre circulação de ar e praticamente sem obstáculos que possam reduzir a eficácia da mistura das substâncias inflamáveis.
<b>f = 2</b>	Ambiente aberto com presença de alguns obstáculos à livre circulação de ar, que possam reduzir de um modo pouco significativo a sua efectiva diluição da atmosfera explosiva no volume em causa. f = 3 Ambiente aberto com presença de um número médio de obstáculos à livre circulação do ar, que possam reduzir de um modo significativo a sua efectiva diluição da atmosfera explosiva no volume em causa
<b>f = 4</b>	Ambiente aberta com presença de um grande número de obstáculos à livre circulação do ar, que possam reduzir muito a sua efectiva diluição da atmosfera explosiva no volume em causa
<b>f = 5</b>	Ambiente aberto com presença de um número muito elevado de obstáculos à livre circulação do ar, que possam reduzir muito a sua efectiva diluição da atmosfera explosiva no volume em causa

Fonte: adaptado da norma CEI 31-35:2001-01.

- Tipo de ambientes fechados com ventilação artificial, descrito na Tabela 2.19

Tabela 2.19 - Factor de eficácia de ventilação em ambientes fechados com ventilação artificial.

<i>Factor de eficácia (f)</i>	<i>Descrição</i>
<b>f = 1</b>	Ambientes fechados com livre circulação de ar e praticamente sem obstáculos que possam reduzir a capacidade efectiva de diluição da atmosfera explosiva no volume em causa.
<b>f = 2</b>	Ambientes fechados com presença de alguns obstáculos à livre circulação de ar e que possam reduzir de modo pouco significativo a capacidade efectiva de diluição da atmosfera explosiva no volume em causa.
<b>f = 3</b>	Ambientes fechados com presença de um número médio de obstáculos à livre circulação do ar, que possam reduzir de um modo significativo a sua efectiva diluição da atmosfera explosiva no volume em causa
<b>f = 4</b>	Ambientes fechados com presença de um grande número de obstáculos à livre circulação do ar, que possam reduzir muito a sua efectiva diluição da atmosfera explosiva no volume em causa
<b>f = 5</b>	Ambientes fechados com presença de um número muito elevado de obstáculos à livre circulação do ar, que possam reduzir muito a sua efectiva diluição da atmosfera explosiva no volume em causa

Fonte: adaptado da norma CEI 31-35:2001-01.

## **IP 15 – Area classification code for installations handling flammable fluids**

Este código apresenta três abordagens complementares para serem utilizadas na classificação de áreas perigosas: i) Abordagem através do uso directo de exemplos; ii) Abordagem baseada nos pontos de fuga e iii) Abordagem baseada na avaliação de riscos.

Este código introduz uma informação que nenhum outro normativo refere e que deve ser tido em conta em qualquer avaliação. Essa informação reporta-se a locais onde se manuseiam

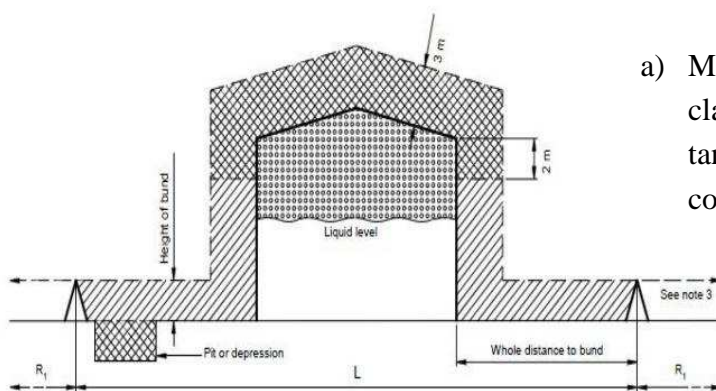
pequenas quantidades de produtos inflamáveis, no contexto de classificação de áreas perigosas, podendo ser classificadas como áreas “não perigosa”. Assim pretende traduzir a Tabela 2.20.

Tabela 2.20 - Limites de capacidade acima dos quais a classificação de áreas é necessária.

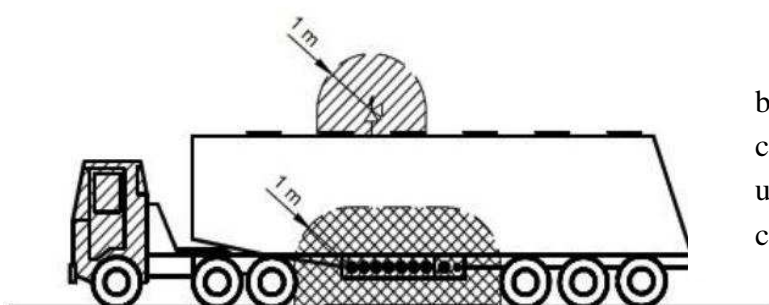
Localização	Gás (L)	Gás inflamável liquefeito (L)	Líquido inflamável acima do flash point (L)
Interior	50	5	25
Exterior	1000	100	200

Fonte: adaptado da norma IP 15 – Area classification code for installations handling flammable fluids.

Este código, como foi dito anteriormente, apresenta modelos para situações de operações industriais que são realizadas tanto em áreas interiores como exteriores, e que são similares tanto no layout como no material usado. Tais modelos podem servir para classificar directamente as áreas. De seguida, na Figura 2.8, são apresentados dois modelos exemplo:



a) Modelo - exemplo de uma classificação de áreas para uns tanques fechados em cone/cúpulas.



b) Modelo - exemplo de uma classificação de áreas para uma actividade - trasfega de camião.

Figura 2.8 – Modelos - Exemplo de classificações de áreas para actividades.

Fonte: adaptado da norma IP 15 – Área classification code for installations handling flammable fluids.

### 3 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E PROTECÇÃO DO RISCO DE EXPLOSÃO

A prevenção do risco de explosão pode ser concretizada pela implementação das seguintes medidas técnicas:

- **Prevenção:**
  - Evitando a formação de atmosferas explosivas, preferencialmente mantendo a concentração de uma matéria inflamável abaixo do respectivo limite inferior de explosividade;
  - Controlo das potenciais fontes de ignição (e utilização de equipamentos com o nível de protecção adequado para funcionamento em ATEX).
- **Protecção:**

Limitar os efeitos da explosão a um nível aceitável pela adopção de medidas na fase de construção e instalação dos equipamentos.

Complementarmente, o empregador deverá implementar medidas organizacionais que, por um lado, reduzam o risco de incêndio e explosão, e, por outro, garantam a eficácia das medidas técnicas. Estas medidas integram procedimentos de trabalho, verificações, formação aos trabalhadores e sinalização das áreas perigosas.

#### PREVENÇÃO DE EXPLOSÃO POR ACÇÃO SOBRE OS PRODUTOS

As iniciativas de controlo de risco, para efeitos de prevenção de explosões são principalmente as seguintes:

Tabela 3.1 - As iniciativas de controlo de risco, para efeitos de prevenção de explosões.

<i>Gases, vapores e névoas</i>	<i>Poeiras</i>
Substituir produtos inflamáveis por outros não combustíveis ou outros menos perigosos. O armazenamento dos produtos inflamáveis deve ser efectuado em local próprio, separado de outras áreas e com acesso restrito, ou armário adequado. Os espaços dedicados às operações em atmosferas explosivas devem estar em compartimentos próprios e separados de outras actividades.	Os silos de armazenamento de materiais, os locais de preparação e mistura de produtos combustíveis devem estar em áreas separadas das restantes actividades

<p>Os armazéns de químicos perigosos também devem ser adequadamente ventilados. Uma adequada ventilação pode ser conseguida por ventilação natural, mas é frequente o recurso a sistemas de ventilação forçada. A ventilação deve ser feita por exaustão, preferencialmente em local próximo da fonte de emissão. Os dispositivos de captação devem assegurar uma depressão de 25Pa e uma velocidade mínima de escoamento do ar através das “hottes” de 0,30m/s.</p>	<p>Minimizar a possibilidade de emissão de poeiras nas actividades. Implementação de sistemas de aspiração é também desejável. É preferível instalar várias unidades de despoejamento mais pequenas do que haver apenas uma unidade central de despoejamento maior. Minimizar os locais onde se possam acumular poeiras ou, em alternativa, dotá-los de acessos seguros e implementar rotinas de limpeza regulares. A limpeza deve ser efectuada por aspiração e, limitar o recurso à sopragem com ar comprimido.</p> <p>Pode-se recorrer à inertização dos silos de armazenamento de matérias plásticas e borracha, no entanto esta é muito onerosa e a sua aplicação prática é reduzida.</p>
--	--

A técnica de inertização consiste na redução do teor de oxigénio pela introdução de um gás inerte (ex: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ou azoto (N<sub>2</sub>)), numa atmosfera com poeiras em suspensão ou em que está presente uma fase gasosa inflamável. Deste modo previne-se a ignição da atmosfera explosiva. É portanto necessário conhecer a concentração mínima de oxigénio que pode levar à explosão das poeiras de determinado material pulveréneo ou de uma fase gasosa inflamável, e reduzir a concentração do oxigénio abaixo desse limiar, ou seja, abaixo da concentração limite de oxigénio (CLO). Esta técnica é passível de ser utilizada em instalações ou equipamentos fechados, no entanto a sua aplicação prática é onerosa.

## PREVENÇÃO DE EXPLOSÃO POR CONTROLO DAS FONTES DE IGNIÇÃO

Relativamente a prevenção de explosão por controlo das fontes de ignição temos os seguintes pontos abaixo indicados:

- As iniciativas de controlo de risco para prevenir explosões por actuação sobre potenciais fontes de ignição passam por:
- Arcos eléctricos e aquecimento com origem em material eléctrico. Os arcos eléctricos resultam da extra-corrente de ruptura e extra-corrente de estabelecimento nos circuitos eléctricos. Este fenómeno é também relevante quando se trabalha com muito baixa tensão de segurança (apesar de oferecer protecção contra a electrização, não oferece protecção contra o risco de explosão). A este nível é importante a utilização de material eléctrico adequado à zona de risco de explosão;
- O aquecimento dos equipamentos eléctricos resultante do efeito de Joule, condição particularmente importante quando da ocorrência de sobre-intensidade ou curto-

circuito. Para limitar o aquecimento dos materiais eléctricos é importante o adequado dimensionamento da instalação bem como a aplicação de um plano de manutenção eficaz;

- Descargas electrostáticas. As medidas de prevenção passam por dotar os equipamentos, embalagens e produtos com ligações à terra e ligações equipotenciais;
- Os fenómenos atmosféricos podem estar na origem de ignições de atmosferas explosivas. Para este efeito é desejável que as instalações estejam dotadas de pára-raios;
- Superfícies quentes. A temperatura destas superfícies não deverá ultrapassar 80% da temperatura de auto-inflamação (expressa em °C) para gases ou vapores. As medidas de prevenção passam pela instalação de equipamentos cujas temperaturas das superfícies exteriores não se constituam fonte de ignição de uma atmosfera explosiva. Para alguns equipamentos este tipo de medida também promove a eficiência energética;
- Faíscas de origem mecânica que resultam de fricção e choques mecânicos em equipamentos de movimentação de cargas, sistemas de transmissão (ex.: por correias), impactos relativos à queda de objectos ou certas operações de fabrico e movimentação de cargas. As medidas de prevenção passam pela utilização de equipamentos concebidos para trabalhar em atmosferas explosivas, a utilização de ferramentas anti-faísca (massas metálicas em cobre, ligas de cobre, níquel, alumínio e suas ligas, etc.) ou, pesquisa de um outro modo operativo alternativo;
- Chamas e fogos nus resultantes de operações como soldadura, corte, rebarbagem, etc., operações que deverão estar enquadradas por autorizações de trabalho com fogos nus. Também para efeito de aquecimento ambiente deverá estar interdita a utilização de equipamentos de aquecimento com chama ou por resistência eléctrica, bem como deverá estar instituída a interdição de fumar.

## **APARELHOS PARA UTILIZAÇÃO EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS**

Nos locais onde há risco de explosão, a presença de equipamentos nesses locais devem ser reduzida ao mínimo indispensável, particularmente equipamentos eléctricos. O Decreto-lei n.º

112/96 de 5 de agosto prevê a classificação dos equipamentos para utilização em locais em atmosferas explosivas em 2 grupos:

- Grupo I – aparelhos destinados a trabalhos subterrâneos em minas e às respectivas instalações de superfície susceptíveis de serem postas em perigo pelo grisú e ou por poeiras combustíveis;
- Grupo II – aparelhos a utilizar noutros locais susceptíveis de serem postos em perigo por atmosferas explosivas.

A marcação dos equipamentos conforme definida na Portaria n.º 341/97 de 21 de maio deverá apresentar a seguinte estrutura:

- Nome e endereço do fabricante;
- Marcação CE;
- Designação da série ou do tipo;
- Número de série, caso exista;
- Ano de fabrico;
- Marcação específica de protecção contra explosões;
- Grupo do aparelho;
- Categoria do aparelho;

Letra “G” para atmosferas explosivas devidas à presença de gases, vapores ou névoas, ou, letra “D” para atmosferas explosivas devidas à presença de poeiras;

Outras indicações necessárias à indispensáveis à utilização em segurança desses aparelhos.

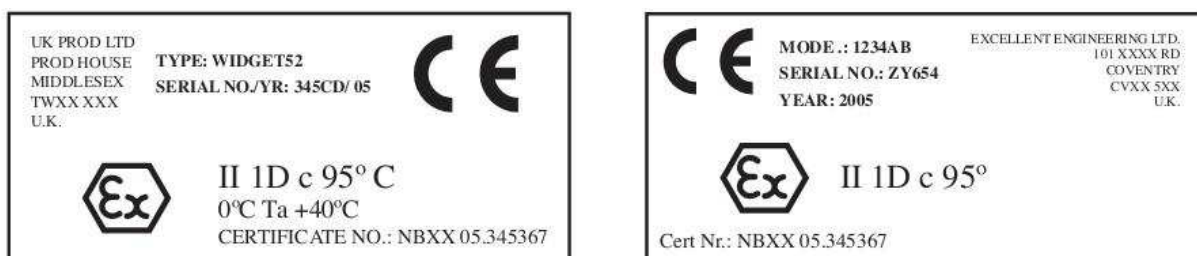


Figura 3.1 – Marcações de aparelhos para utilização em atmosferas explosivas

O modo de protecção dos aparelhos está enquadrado por documentos normativos, conforme se apresenta no quadro seguinte:

## 4 EXPLOSÕES ORIGINADAS POR POEIRAS

As explosões ocorrem frequentemente em unidades processadoras, como por exemplo as referenciadas no capítulo anterior, sempre que as poeiras tenham propriedades combustíveis. Alguns exemplos dessas poeiras são, farinhas de trigo, milho, soja, cereais, açúcar, arroz, chá, cacau, couro, carvão, madeira, enxofre, magnésio e outras ligas metálicas.

É necessário porém, que estas estejam dispersas no ar e em concentrações adequadas. Isto ocorre com mais frequência em pontos das instalações onde haja moagem, descarga, movimentação e transporte de materiais a granel.

As indústrias que processam produtos que em alguma de suas fases se apresentem na forma de pó combustível com determinadas granulometria, são indústrias de alto potencial de risco quanto a incêndios e explosões, e devem, antes de sua implantação, efectuar uma análise aturada dos mesmos e tomar as precauções adequadas, preferencialmente na fase de projecto, pois nessa altura as soluções são mais simples e económicas. Por outro lado, nas indústrias já implantadas e com o auxílio de profissionais competentes, poder-se-ão equacionar razoavelmente bem os problemas, minorando os riscos inerentes. Tanto num caso como no outro, o conhecimento da periculosidade dos materiais envolvidos no processo fabril é um dos factores de conhecimento relevante para a higiene e segurança industrial desse processo.

A título de exemplo citamos algumas actividades industriais reconhecidamente perigosas quanto ao risco de incêndios e explosões:

- Indústrias fabricantes de rações para animais;
- Indústrias de produtos alimentares;
- Indústrias metalúrgicas;
- Indústrias farmacêuticas;
- Indústrias que processam materiais plásticos.

Os incêndios ocorrem com todas as poeiras combustíveis, porém, para que tal aconteça, é necessário que a quantidade de material combustível seja muito grande e que certas condições físico-químicas sejam satisfeitas (Eckhoff, 1997).

As explosões devem-se a cenário de suspensões de poeiras. Estando elas em camadas, a explosão vai depois criar turbulência e produzir mais suspensões de camadas de pó, em locais onde as poeiras se foram depositando ao longo de sucessivas jornadas de trabalho, podendo tal deposição ocorrer por várias razões ligadas ao desleixo dos operadores, deposições nos solos, em condutas, sobre estruturas inacessíveis, ou por razões do próprio procedimento laboral, criando-se diversos tipos de armazenamentos tais como, empilhamentos, armazenamentos em tulha, depósitos e outros (Eckhoff, 1997).

A ignição que ocorre em camadas, deve ser controlada com cuidado, para evitar que o material pulverulento depositado em estruturas, tubulações e locais de difícil visualização e limpeza, seja colocado em suspensão, formando uma nuvem de poeira, que evoluirá para explosão, pois existem no ambiente os factores de deflagração da mesma, isto é fogo e energia. O incêndio por camadas é de difícil extinção, podendo prolongar-se por várias horas até à sua inteira extinção (Eckhoff, 1997).

As chamas e os efeitos do aumento de pressão numa explosão não são os únicos problemas a enfrentar. Na atmosfera do evento ocorre uma deficiência de oxigénio e a formação de gases tóxicos em virtude da combustão, particularmente o monóxido de carbono. A concentração de gases pode ser suficientemente alta durante alguns momentos para causar a inconsciência, ainda que momentânea, às pessoas presentes, levando à sua morte. Industrialmente, todas as precauções devem ser tomadas na presença das fontes de ignição. Em alguns casos, as mesmas estão presentes por fazerem parte do processo, como é o caso dossecadores de cereal que usam o fogo directo na secagem, enquanto noutros casos a sua existência é inopinada e deve-se a circunstâncias externas algumas vezes totalmente estranhas ao processo tecnológico em questão.

As misturas combustíveis finamente pulverizadas são, em geral, muito perigosas. Os depósitos de poeira dos combustíveis sobre vigas, sobre máquinas em locais de transferência e de transporte, são susceptíveis de se incendiar. Ao inflamar-se esta poeira, poderão ocorrer em consequência fortes explosões das poeiras combustíveis suspensas no ar; outras vezes é a pequena explosão inicial que ocasiona o levantamento subsequente grandes quantidades de poeiras que estavam previamente depositadas, criando-se então condições para que se desencadeiem explosões de ainda maior violência.



Por outro lado, se as poeiras forem agentes oxidantes e se se acumularem sobre superfícies combustíveis, o processo de combustão acelerar-se-á consideravelmente no caso de incêndio. Se o agente oxidante for finamente pulverizado com outras poeiras combustíveis, a violência da explosão resultante será muito mais grave do que se faltasse tal agente oxidante (Poletaev, 1998).

Pós naturais de celulose que podem resultar em explosões são também originados nas indústrias têxteis, como por exemplo nas de algodão e de linho. Kuschinsky (1987) propôs uma metodologia adequada de protecção para fábricas de processamento de algodão contra explosões de pó. Sugeriu que deveria ser dada atenção particular aos sistemas de colecta do pó e aos sistemas de armazenamento dos materiais crus.

Recomendou ainda a instalação de sistemas de detecção de auto-aquecimento ou autoignição em depósitos de pó e de material cru, assim como a implantação de sistemas de extinção de incêndios adequados. Constatou que a injeção automática de fosfato de monoamónio (citado por ADP, tendo por base o nome em língua inglesa),  $NH_4H_2PO_4$ , nas condutas que ligam as várias secções da instalação permitia o isolamento efectivo duma explosão primária.

Como resultado da existência de grandes recursos de turfa, o uso deste material como combustível tornou-se num grande preocupação para Finlândia. A inflamabilidade e explosibilidade de pó de turfa dependem da origem e da composição da turfa, do seu teor de humidade e ainda da distribuição dos tamanhos das partículas. Weckman et al.(1981) investigaram as possibilidades de redução do perigo de fogo e explosão nas instalações da turfa na Finlândia, com particular referência para o caso das instalações de pó da turfa (Eckhoff,1997).

Em geral, pode-se concluir que as questões de inflamabilidade e explosividade das poeiras industriais têm uma alta importância, tanto económica, como ambiental e social, atraindo portanto os esforços das empresas e das instituições de investigação e desenvolvimento tecnológico para o seu estudo por vários métodos: químicos, físicos, matemáticos, com o fim não só de se obter uma melhor compreensão dos mecanismos reguladores de tais processos, mas igualmente para que se possam desenvolver técnicas de segurança visando minorar ou até mesmo contrariar a ocorrência de acidentes. Os perigos de fogo e explosão na produção de contraplacado, madeira e pó de madeira já são reconhecidos há muito tempo. Com o aparecimento das novas tecnologias os métodos de prevenção destes perigos melhoraram.

### 4.1 Considerações gerais sobre a explosão de poeiras

Nesta secção far-se-ão algumas considerações gerais sobre as explosões e os incêndios de pós, nomeadamente quanto às definições de termos gerais aplicados neste tipo de assuntos.

Na Figura 4.1 (adaptado de Campos, 1984) estão esquematizados os principais factores que condicionam a existência e as características duma explosão de suspensões de poeiras. Estes factores podem-se classificar em quatro grupos, consoante a sua relação com as características:

- Do material pulverulento (sua fragilidade ou viscosidade, adesão entre os grânulos);
- Da mistura explosiva (poeiras-gás-ar);
- Do confinamento (tamanho médio das partículas, distribuição dos tamanhos);
- Das causas iniciadoras da explosão (temperatura média, faíscas ocasionais).

Essas características são apresentadas com mais pormenor, embora de uma forma esquematizada, na figura seguinte.

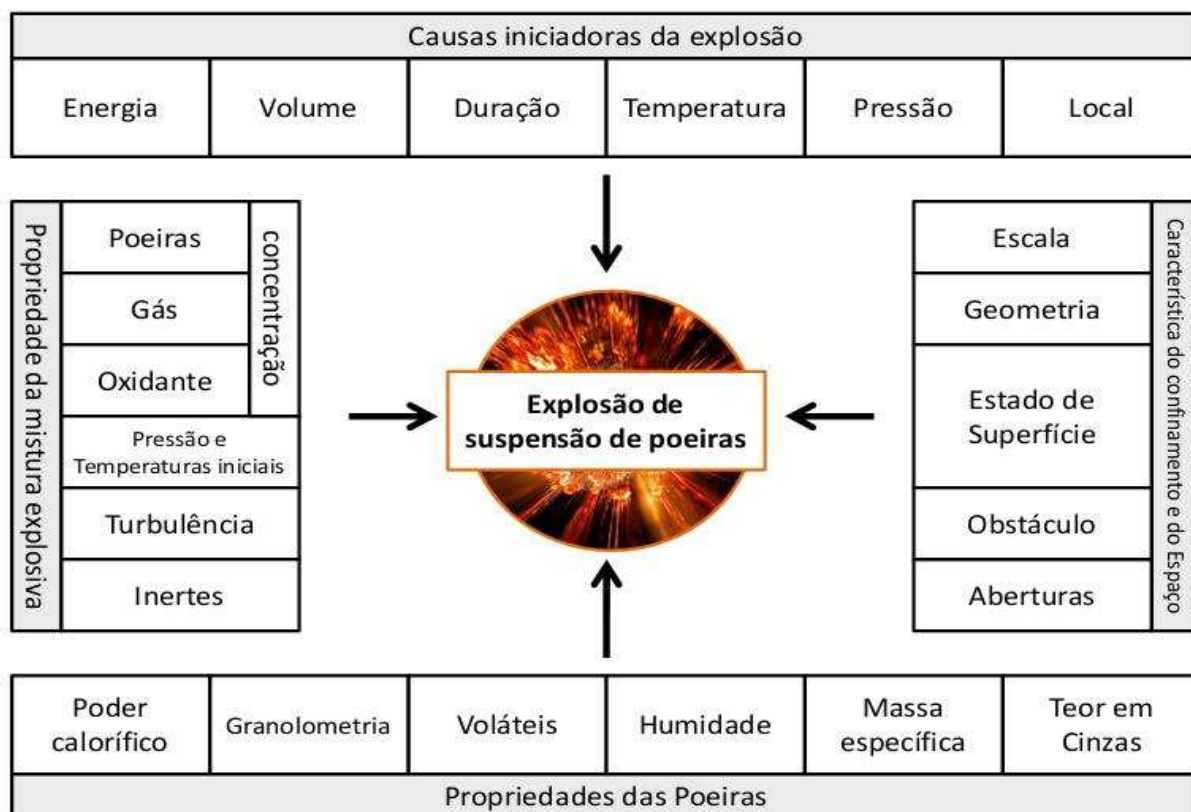


Figura 4.1 – Principais factores condicionantes da existência das características duma explosão de suspensões de poeiras (Adaptado de Campos, 1984).

Na Figura 4.2 apresenta-se um organograma esquematizando as interacções entre os diferentes parâmetros conducentes ao início duma explosão (Campos, 1984).

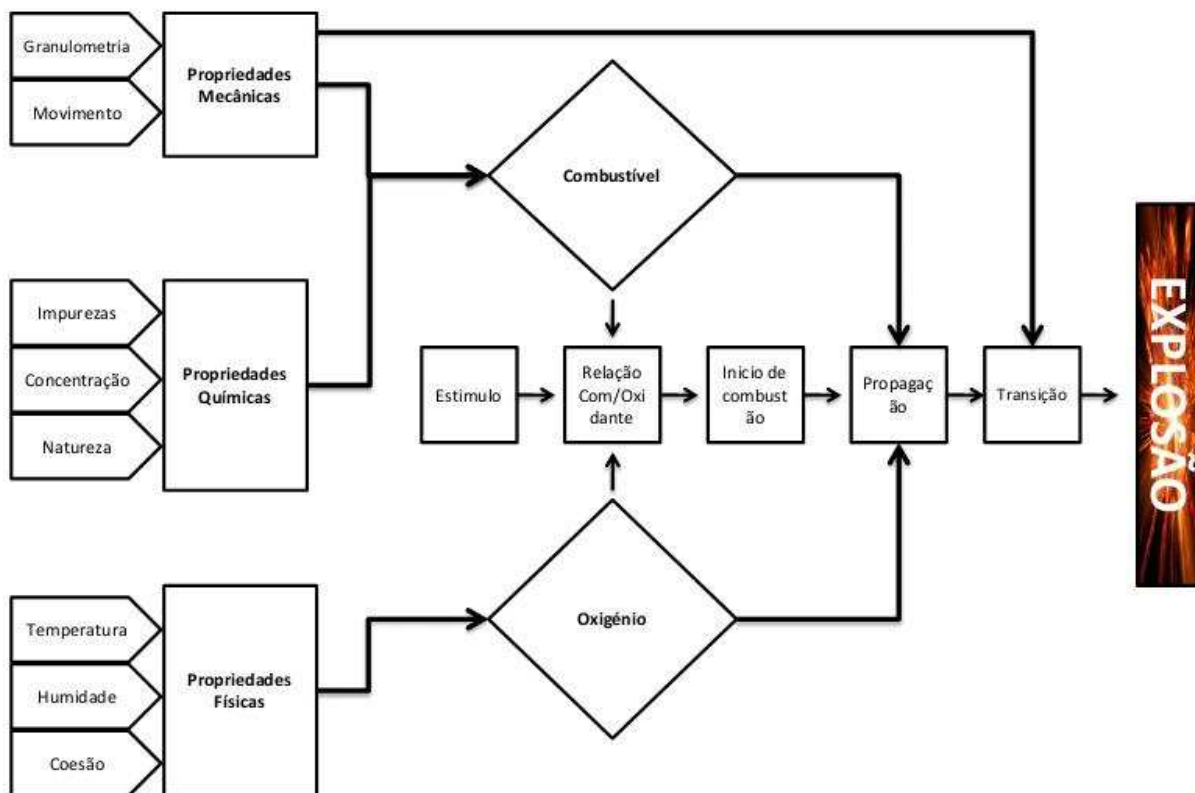


Figura 4.2 – Organograma da formação de uma explosão de suspensões de poeiras (adaptado de Campos, 1984).

Analisando a figura anterior verifica-se que para ocorrer uma dada explosão as partículas em causa devem conter determinadas propriedades a nível mecânico, químico e físico. Em seguida enunciam-se algumas dessas propriedades, descrevendo o contributo destas para a formação de uma explosão.

Uma explosão é uma libertação rápida e abrupta de energia, podendo resultar numa deflagração ou numa detonação, dependendo da velocidade de reacção e consoante a velocidade de propagação da frente de chama resultante seja subsónica ou supersónica (Glassman, 1996). A maioria das explosões de pós resulta em deflagrações. A energia libertada durante a explosão aumenta a temperatura do sistema tão rapidamente que existe um aumento proporcional da pressão do sistema, (Hertzberg e Cashdollar, 1987). Como nas explosões o ar é o meio oxidante e este é constituído essencialmente por azoto, a variação do número de moles de gás durante a explosão é pequena e, numa primeira aproximação, a reacção de explosão num sistema fechado pode ser interpretada em termos da lei dos gases perfeitos. Assim, considerando o processo de explosão isométrico,

$$\frac{P_{max}}{P_0} = \frac{T_b}{T_0} \quad (4.1)$$

onde,  $T_0$  e  $P_0$  são a temperatura e pressão iniciais do sistema e  $T_b$  e  $P_{max}$  a temperatura e pressão máxima de explosão. O conhecimento de alguns dos parâmetros de explosão associados à deflagração do pó torna-se importante na qualificação do perigo de explosão. Os parâmetros que mais interessam conhecer são (Bartknecht, 1981; Nagy e Verakis, 1983):

- Pressão máxima de explosão,
- Velocidade máxima de aumento de pressão,
- Concentração mínima de explosão,
- Energia mínima de ignição
- Temperatura mínima de ignição

Segundo as investigações de autores consagrados (Hertzbege et al, 1986; Pu et al, 1988; Cashdollar e Chatrathi, 1992 e Dahoe et al, 2001) e as recomendações das normas ASTM 1226 e ISO 6184/1, os valores reais dos parâmetros de explosão são obtidos mediante ensaios realizados num reactor de explosão cilíndrico com um volume de 1 m<sup>3</sup>. No entanto, os ensaios podem ser efectuados de uma forma mais fácil e rápida num reactor com o volume inferior de 20 L esférico ou aproximadamente esférico, obtendo-se valores úteis dos parâmetros de explosão (Bartknecht, 1981 e Cashdollar e Chatrathi, 1992).

## 4.2 Propagação de chama em explosões de poeiras

A velocidade de propagação de uma chama  $S_f$ , numa explosão de pó não se consegue prever tão facilmente como no caso da explosão de um gás (Eckhoff, 1997). Na explosão de gases, a velocidade de chama atinge o seu máximo para o valor da concentração estequiométrica ou perto dela, enquanto que a velocidade de chama, na explosão de um pó, atinge o máximo para um excesso de pó e só diminui significativamente para concentrações de pó muito superiores à estequiométrica (Pilão, 2003).

Os pós originam explosões mais destrutivas que os gases porque, em primeiro lugar, a velocidade de chama é inferior, no caso da explosão de pós, e como consequência o tempo de explosão é maior provocando impactos totais superiores. Em segundo lugar, como os sólidos possuem massas volúmicas muito superiores às dos gases, um dado volume contendo um pó explosivo disperso em ar, pode conter uma energia maior que o mesmo volume de uma mistura de combustível gasoso mantido disperso em ar.

A velocidade de chama não é constante e depende de variáveis como, composição química, tamanho de partículas, concentração de pó, teor de humidade do pó e do estado de turbulência do gás no qual é disperso o pó.

Para se entender a estrutura da chama e o mecanismo de propagação de chama numa explosão, considera-se existir uma zona de reacção distinta, ou frente de chama que se desloca através de uma mistura de combustível/ar. Após a ignição, a frente de chama, move-se através da nuvem de pó com uma velocidade  $S_f$ . Esta velocidade é a soma de três velocidades:

- A velocidade devida à expansão dos produtos de reacção  $S_e$ ,
- A velocidade devida à alteração do número de moléculas gasosas em função da conversão de reagentes em produtos de reacção  $S_n$ ,
- A velocidade fundamental de queima  $S_u$ ,

que se considera ter um valor constante para uma dada nuvem de pó (Pilão, 2003). Assim, a mistura de reagentes a jusante da frente de chama desloca-se com uma velocidade que é a soma de  $S_e$  e  $S_n$ . Logo, a frente de chama entra na mistura não queimada com a velocidade de queima  $S_u$ , que determinará a velocidade de produção de energia e a velocidade de consumo de matéria reagente (Pilão, 2003).

A velocidade de queima deve, portanto, ser encarada como um parâmetro chave na modelação de deflagrações, e alterações do seu valor influenciarão o desenvolvimento de pressão e consequentemente a velocidade máxima de aumento de pressão. A espessura da frente de chama é também um parâmetro chave neste assunto, uma vez que, a ela se deve o facto de a velocidade máxima de aumento de pressão ocorrer num instante anterior à pressão máxima durante a explosão de um pó (Pilão, 2003).

#### 4.2.1. – Propagação unidimensional de chama em nuvens de poeiras

Apesar das diferenças existentes entre chamas gasosas e em nuvens de pó, os resultados experimentais obtidos com vários pós explosivos para a velocidade fundamental de queima  $S_u$ , mostram que os conceitos da teoria gasosa se podem aplicar à combustão de nuvens de pós (Eckhoff, 1997).

Vários investigadores desenvolveram modelos para obtenção de equações representativas da velocidade fundamental de queima. Eckhoff (1997) apresenta um resumo de algumas destas teorias. No entanto, um dos modelos mais utilizado e que melhor representa a explosão de pós carbonáceos é o desenvolvido por Hertzberg et al (1982). Estes autores propuseram um modelo para o mecanismo de propagação de chama através de uma mistura de ar/pó onde estão envolvidos três processos:

- Primeiro, o aquecimento e desvolatilização das partículas de pó à medida que elas se aproximam e entram na frente de chama;
- Segundo, a mistura dos voláteis emitidos com o ar no espaço entre partículas;
- Terceiro, a combustão na fase gasosa da mistura ar/voláteis resultantes.

A cada um destes processos foi associada uma constante de tempo característica:

- Desvolatilização ( $\tau_d$ );
- Mistura ( $\tau_m$ );
- Combustão ( $\tau_c$ );

O aquecimento e desvolatilização das partículas envolvem a combinação complexa da transferência de calor por condução, convecção e radiação entre os produtos queimados e os reagentes não queimados. A simplicidade do modelo proposto é conseguida considerando estes processos implicitamente na velocidade fundamental de queima  $S_u$ , que caracteriza a velocidade média de propagação de chama (Hertzberg et al, 1982)

Uma chama de pó propagando-se à velocidade  $S_u$  tem uma espessura de frente de chama  $\delta$ , definida por  $\delta = \alpha / S_u$ , onde  $\alpha$  é a difusibilidade efectiva do gás através da frente de chama.

O tempo médio de reacção, para espécies que passam através da zona de reacção, é limitado pelo tempo de viagem da chama através da espessura de frente de chama e define-se como,

$$\tau = \frac{\delta}{S_u} = \frac{\alpha}{S_u^2} \quad (4.2)$$

sendo por definição,  $\tau = \tau_d + \tau_m + \tau_c$ . A maior das constantes de tempo determina qual o processo que controla o mecanismo de propagação de chama. De acordo com Hertzberg et al. (1982), o processo de mistura é tão rápido que não representa uma limitação significativa ( $\tau_m \rightarrow 0$ ). Portanto, serão os valores de  $\tau_d$  e  $\tau_c$  que determinarão o processo de controlo da propagação de chama. Este modelo supõe que a onda de desvolatilização progride linearmente a uma velocidade finita  $x_0$ , no interior de cada partícula de pó, supostamente esférica. A velocidade da onda de desvolatilização é normalmente proporcional ao fluxo de energia introduzido na sua superfície, o qual, para partículas a entrarem na frente de chama, se considera igual ao fluxo de energia proveniente da chama, dado por  $S_u c \rho (\tau_b - \tau_{cu})$ , onde  $c$  e  $\rho$  são respectivamente o calor específico e a massa volúmica da mistura reagente não queimada e  $T_b$  e  $T_u$  as temperaturas dos produtos queimados e dos reagentes não queimados. Assim, define-se a velocidade da onda de desvolatilização como,

$$x_0 = k S_u c \rho (\tau_b - \tau_{cu}) \quad (4.3)$$

onde  $k$  é a constante de velocidade do processo de desvolatilização. Segundo esta teoria, a velocidade de desvolatilização das partículas controla o processo de propagação de chama para elevadas concentrações de pó, para partículas de grandes dimensões e para elevadas taxas de reacção (Hertzberg et al, 1986). Em situações em que as partículas de pó não desvolatilizam completamente com a passagem da frente de chama, define-se o diâmetro de material não desvolatilizado no instante  $t$ , após a partícula ter entrado na zona de reacção, como  $D(t) = D_0 - 2x_0 t$ , onde  $D_0$  é o diâmetro inicial da partícula e  $x_0 t$  a profundidade de penetração da onda de desvolatilização.

Definindo a razão entre os voláteis que realmente contribuem para a propagação de chama e os voláteis totais existentes no pó por  $\theta$ , obtém-se a fracção da partícula que desvolatiliza até ao instante  $t$ ,

$$\theta = 1 - \left[ \frac{D}{D_0} \right]^3 = 1 - \left[ 1 - \frac{2x_0 t}{D_0} \right]^3 \quad (4.4)$$

O tempo disponível para a geração de voláteis que possam contribuir para a propagação de chama, é igual ao tempo médio de reacção  $\tau$ , (Pilão, 2003).

#### 4.2.2. – Propagação de chama em reactores fechados

O comportamento característico da explosão de pós em reactores fechados é semelhante ao da explosão de gases em reactores fechados. Assim, a evolução da pressão em sistemas a volume constante pode ser prevista pela teoria clássica da combustão. Várias equações têm sido desenvolvidas para descrever a evolução da pressão com o tempo durante uma explosão confinada. A forma mais conveniente de começar uma análise teórica no domínio das explosões de pós é considerar a combustão de uma mistura gasosa uniforme, num reactor esférico, assumindo que:

- A equação de estado para gases ideais é aplicável;
- A ignição é central e a adição de energia associada à ignição forçada é negligenciável;
- A viscosidade e os calores específicos dos reagentes e produtos de combustão são iguais e permanecem constantes durante a explosão;
- A velocidade de queima é pequena comparada com a velocidade do som, ou seja, a pressão é espacialmente uniforme em todo o reactor num dado instante;

A espessura da zona de reacção que propaga é negligenciável quando comparada com o raio do reactor (Pilão, 2003).

Lewis e Von Elbe (1961) deduziram uma expressão muito simples que relaciona a fracção da mistura queimada num reactor esférico fechado com a fracção de aumento de pressão nesse mesmo reactor,

$$\frac{m_u}{m_o} = \frac{P_m - P}{P_m - P_0} \quad (4.5)$$

onde  $P_0$  é a pressão absoluta inicial,  $P$  a pressão no instante de propagação  $t$ ,  $P_m$  a pressão máxima de explosão,  $m_u$  e  $m_o$  são respectivamente as massas de reagente não queimado, que se desloca a jusante da frente de chama, e a massa inicial. Considerando uma propagação



laminar de chama, com os reagentes não queimados, ou pó disperso, a entrarem sem turbulência na frente de chama temos, pela definição de velocidade de chama, que os reagentes entram na frente de chama com uma velocidade igual a menos a velocidade de queima  $S_u$ . Portanto, pela conservação da massa a velocidade de consumo de reagentes é dada por,

$$\frac{dm_u}{dt} = -\rho_u A S_u \quad (4.6)$$

onde  $dm_u/dt$  é o caudal de gases não queimados que entram na frente de chama,  $\rho_u$  é a massa volúmica da mistura ar/pó e  $A$  a área da frente de chama esférica igual a  $4\pi r_f^2$ . Diferenciando a equação (4.5) em ordem ao tempo e substituindo a equação (4.6) obtém-se para a evolução da pressão com o tempo a seguinte expressão:

$$\frac{dP}{dt} = 4\pi r_f^2 \rho_u S_u \frac{(P_m - P_0)}{m_0} \quad (4.7)$$

Numa primeira análise sabendo que o volume do reactor é dado por  $V_o = V_b + V_u$  e admitindo uma compressão “isotérmica” dos reagentes não queimados, onde se considera  $T_u$  constante e igual a  $T_o$  antes da ignição e a temperatura dos produtos de combustão  $T_b$ , constante e igual à temperatura média quando toda a mistura queimou e a chama atinge as paredes do reactor, pode-se exprimir a massa volúmica  $\rho_u$ , e o raio da chama  $r_f$ , em função da pressão pelas expressões:

$$\frac{\rho_u}{\rho_0} = \frac{P_u}{P_0} \quad (4.8)$$

$$r_f = R_0 \left[ 1 - \left( \frac{P_m - P}{P_m - P_0} \right) \left( \frac{P_0}{P} \right) \right]^{1/3} \quad (4.9)$$

onde  $R_0$  é o raio do reactor. Também segundo os mesmos autores, substituindo as expressões anteriores na equação (4.7) obtém-se,

$$\frac{dP}{dt} = \frac{3S_u}{R_0} \left( \frac{P}{P_0} \right) (P_m - P_0) \left( 1 - \left( \frac{P_0}{P} \right) \left( \frac{P_m - P}{P_m - P_0} \right) \right)^{2/3} \quad (4.10)$$

O valor máximo de  $dP/dt$  obtém-se para  $P_m$ . Fazendo a substituição chega-se à velocidade máxima de aumento de pressão,

$$\frac{dP}{dt_{max}} = \frac{3S_u}{R_o} (P_m - P_0) \left(\frac{P_m}{P_0}\right) \quad (4.11)$$

Nagy e Verakis (1983) desenvolveram, para o processo “isotérmico”, a seguinte expressão para uma forma arbitrária do reactor:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\alpha_t S_{u,r} S T_0^2 P_r^\beta P_m^{2/3}}{V_0 T_r^2 P_0} (P_m - P_0)^{1/3} \left(1 - \frac{P_0}{P}\right)^{2/3} P^{(1-\beta)} \quad (4.12)$$

onde  $S$  é a área superficial do reactor,  $\alpha_t$  o factor de turbulência, superior à unidade, que relaciona a velocidade de queima laminar com a velocidade de queima turbulenta, mais apropriada ao estudo das explosões de pó em que a turbulência inicial, devida à dispersão do pó no interior do reactor, é elevada e por último,  $S_{u,r}$  é a velocidade de queima no estado de referência de 300 K e 1 atm. Os resultados experimentais, referentes à queima de misturas gasosas em reactores confinados, mostram que a velocidade de queima varia um pouco com a pressão e temperatura da mistura reagente e que, a sua dependência, pode ser empiricamente expressa por (Nagy e Verakis, 1983),

$$S_u = S_{u,r} \left(\frac{T_u}{T_r}\right)^2 \left(\frac{P_r}{P}\right)^\beta \quad (4.13)$$

onde  $\beta$  é uma constante empírica que assume o valor de 0 para o processo isotérmico e 0,25 para o processo adiabático. Considerando  $T_o=T_r$ ,  $P_o=P_r$ ,  $S_{u,r}=S_{u,o}$  e  $\beta=0$  e substituindo  $P$  por  $P_m$  obtém-se a expressão para a velocidade máxima de aumento de pressão. Alterando o tratamento isotérmico e passando a adoptar um tratamento adiabático mais realista, em que a temperatura dos reagentes  $T_u$ , e dos produtos de reacção  $T_b$ , não se consideram constantes mas relacionadas com o grau de compressão isentrópico, aplicam-se as seguintes expressões:

$$T_U = T_0 \left(\frac{P}{P_0}\right)^{1-1/\gamma} \quad (4.14)$$

$$T_b = T_m \left(\frac{P}{P_m}\right)^{1-1/\gamma} \quad (4.15)$$

$$\frac{\rho_u}{\rho_0} = \left(\frac{P}{P_0}\right)^{1/\gamma} \quad (4.16)$$

$$r_f = R_0 \left[ 1 - \left(\frac{P_m - P}{P_m - P_0}\right) \left(\frac{P_0}{P}\right)^{1/\gamma} \right]^{1/3} \quad (4.17)$$

onde  $\gamma$  é o valor médio da razão dos calores específicos a pressão constante e volume constante dos gases não queimados e queimados, isto é, trata-se da constante adiabática média dos gases queimados e não queimados.

Substituindo as equações anteriores na equação (4.7) obtém-se para a evolução da pressão com o tempo,

$$\frac{dP}{dt} = \frac{3S_u}{R_0} \left(\frac{P}{P_0}\right)^{1/\gamma} (P_m - P_0) \left[ 1 - \left(\frac{P_0}{P}\right)^{1/\gamma} \left(\frac{P_m - P}{P_m - P_0}\right) \right]^{2/3} \quad (4.18)$$

que é a expressão indicada por Bradley e Mitcheson (1976). Uma vez mais, a velocidade máxima de aumento de pressão obtém-se para  $P=P_m$ . Fazendo esta substituição, temos para a velocidade máxima de aumento de pressão,

$$\frac{dP}{dt_{max}} = \frac{3S_u}{R_0} (P_m - P_0) \left(\frac{P_m}{P_0}\right)^{1/\gamma} \quad (4.19)$$

Nagy e Verakis (1983) sugerem, para um reactor não esférico considerando a compressão adiabática dos produtos de combustão, a seguinte expressão:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\alpha_t \gamma S_{u,t} P_r^\beta P_m^{2/3\gamma}}{V_0 P_0^{2-1/\gamma}} \left(P_m^{1/\gamma} - P_0^{1/\gamma}\right)^{1/3} \left[ 1 - \left(\frac{P_0}{P}\right)^{1/\gamma} \right]^{2/3} P^{3-2/\gamma-\beta} \quad (4.20)$$

que tem em conta o efeito da pressão e temperatura dos reagentes não queimados na velocidade fundamental de queima e o efeito da turbulência inicial da nuvem de pó (Pilão, 2003).

Outros modelos têm sido desenvolvidos partindo de abordagens do problema diferentes. Exemplos disso são, por exemplo, as teorias de Nomura e Tanaka e a de Ogle et al. cujos resumos podem ser consultados em Eckhoff (1997).

### 4.3. - Limites de explosibilidade

A explosividade de um pó é normalmente caracterizada pela sua pressão máxima de explosão  $P_{max}$ , pela velocidade máxima de aumento de pressão  $(dP/dt)_{max}$ , e pela concentração mínima de explosão  $C_{min}$ . Estes parâmetros de explosão são obtidos a partir de ensaios de explosão realizados em reactores fechados sob uma vasta gama de concentrações, com a fonte de ignição colocada no centro do reactor. A utilidade prática do conhecimento do valor da pressão máxima de explosão de um dado pó, prende-se com a concepção de sistemas onde se manuseiam pós explosivos ou de bombas de ensaio de pressão ou explosão, enquanto que o valor da velocidade máxima de aumento de pressão tem a ver com o projecto e construção de sistemas e aberturas para alívio de sobrepressão (Amyotte et al, 1989). Uma das relações mais utilizadas para descrever a velocidade máxima de aumento de pressão é a chamada “Lei Cúbica” que deriva da equação (4.21) onde  $K_{st}$  é o índice de deflagração (Bartknecht, 1981),

$$\left(\frac{dP}{dt}\right)_{max} V_0^{1/3} = 4,84 \left(\frac{P_{max}}{P_0} - 1\right) P_{max} S_u = K_{st} \quad (4.21)$$

A “Lei Cúbica” só é válida para reactores geometricamente similares, se a espessura de chama for desprezável quando comparada com o raio do reactor e se a velocidade de queima, como função da pressão e temperatura, for idêntica em todos os reactores (Eckhoff, 1997). Quando válida, o valor do índice de deflagração  $K_{st}$ , tem sido empregue para correlacionar resultados entre vários reactores e também para estender os resultados laboratoriais a situações industriais (Pu et al, 1988). Assim, o termo “Lei” é questionável na medida que implica considerar este factor como uma propriedade do pó, o que não é verdade, uma vez que o seu valor depende das características do ensaio associado ao equipamento com que é obtido, nomeadamente no que diz respeito ao nível de turbulência inicial da nuvem de pó. Quando se pretende usar valores de  $K_{st}$  para projectar sistemas de alívio de sobrepressão, é essencial usar apenas valores de  $K_{st}$  obtidos por ensaios conduzidos com o nível de turbulência padrão definido pelos métodos standard, ASTM E1225 e ISO 6184/1, especificados para sua determinação (Eckhoff, 1997).

Investigações sistemáticas realizadas com numerosos pós combustíveis em reactores de explosão cilíndricos permitem concluir que, o aumento do volume do reactor conduz a valores de  $K_{st}$  próximos dos valores reais que se conseguem medir com um reactor esférico de  $1 \text{ m}^3$

de capacidade (Bartknecht, 1981). Este autor refere que existirá um valor mínimo de volume para que um pó combustível desenvolva a sua velocidade de reacção total e indica o valor de 16 L como o volume mínimo necessário para assegurar valores dos parâmetros de explosão correlacionáveis com os medidos nos reactores esféricos de 1 m<sup>3</sup>.

A Figura 4.3 é um exemplo típico da evolução da razão de pressão  $PR = (P_{max} - \Delta P_{ign})/P_i$ , definida como a pressão absoluta de explosão normalizada em relação à pressão inicial do reactor, e da velocidade de aumento de pressão normalizada com relação ao volume do reactor  $(dP/dt)V_0^{1/3}$ , com a concentração. A figura mostra que não se observa desenvolvimento de pressão, e portanto de explosão, para concentrações de pó abaixo de um dado valor. Esta concentração é a concentração mínima de explosão que neste caso é de cerca de 100 g/m<sup>3</sup>. A pressão máxima de explosão e a velocidade máxima de aumento de pressão correspondem aos picos das curvas correspondentes e são os parâmetros normalmente usados como indicadores de violência ou gravidade de uma explosão (Amyotte et al, 1989). Como mostra a equação (4.11) a força impulsionadora da velocidade máxima de aumento de pressão é a velocidade fundamental de queima  $S_u$ . Qualquer variação na velocidade de queima afecta o desenvolvimento da pressão e, portanto, o valor de  $dP/dt_{max}$  durante uma deflagração confinada.

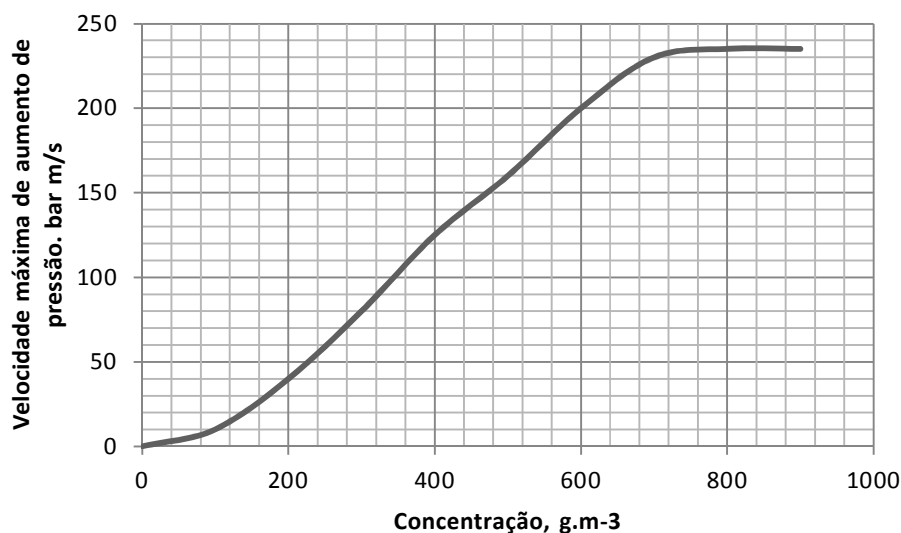


Figura 4.3 A- Explosividade do pó de alumínio no reactor de 20 L usando 2500 J de ignição. (Adaptado de Cashdollar, 1994).

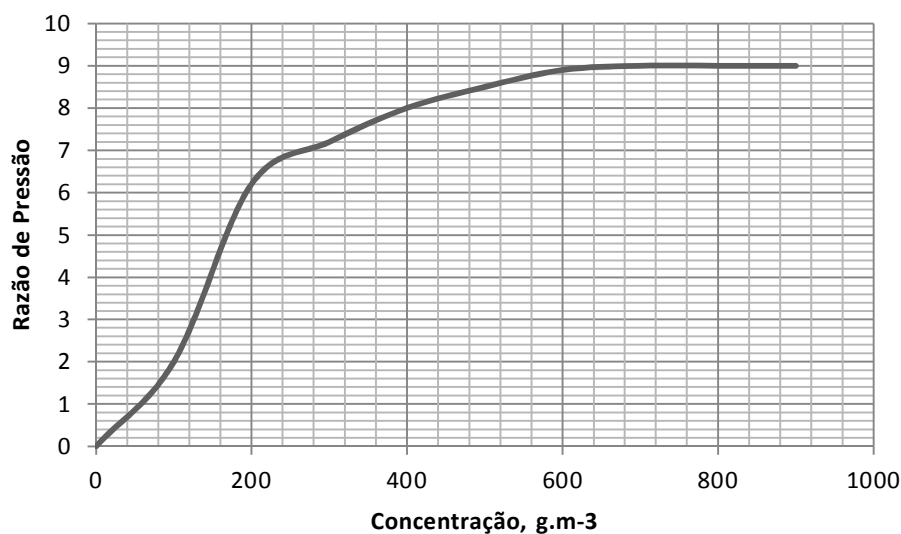


Figura 4.3 B - Explosividade do pó de alumínio no reactor de 20 L usando 2500 J de ignição. (Adaptado de Cashdollar, 1994).

#### 4.3.1. - Factores mecânicos.

Nas propriedades mecânicas, que afectam o processo da explosão de suspensões de partículas, distinguem-se a granulometria e o movimento dessas partículas.

##### 4.3.1.1. - Granulometria

Uma das características do pó que afecta o desenvolvimento da pressão de explosão é o tamanho da partícula. Normalmente, os pós mais finos são mais explosivos que os mais grossos (Bartknech, 1981). Portanto, quando o comportamento explosivo de pós está a ser estudado é importante realizar os ensaios com partículas de dimensões inferiores a 40  $\mu\text{m}$ , a fim de se obterem os valores máximos dos dados de explosão. Em certas circunstâncias, limitações práticas poderão condicionar a disponibilidade de baixas granulometrias.

#### Desenvolvimento da explosão.

Como se pode ver na Figura 4.4, o tamanho da partícula tem uma influência marcante na violência da explosão (detectável pelo comportamento da velocidade máxima de aumento de pressão) e uma influência menos pronunciada na pressão de explosão. Este comportamento deve-se ao facto de o processo de combustão dos combustíveis sólidos tais como resíduos lenhosos, carvões e plásticos, ser precedido pela desvolatilização das partículas.

O grau de desvolatilização e a velocidade de desvolatilização das partículas diminuem com o aumento do seu diâmetro. Para partículas de grandes dimensões a frente de chama é alimentada apenas pelas suas arestas agudas e regiões superficiais, sendo a menor contribuição de voláteis provenientes de cada partícula, em parte, compensada pelo aumento da área superficial. Como resultado, a alteração da concentração em fase gasosa é pequena o que se traduz numa lenta e progressiva diminuição da pressão máxima de explosão com o aumento do tamanho das partículas.

A pressão de explosão cai drasticamente quando o tamanho da partícula atinge valores “elevados” para os quais não é possível gerar, em fase gasosa, a concentração mínima de explosão no intervalo de tempo disponível para a passagem da frente de chama (Cashdollar, 1994; Cashdollar, 1998).

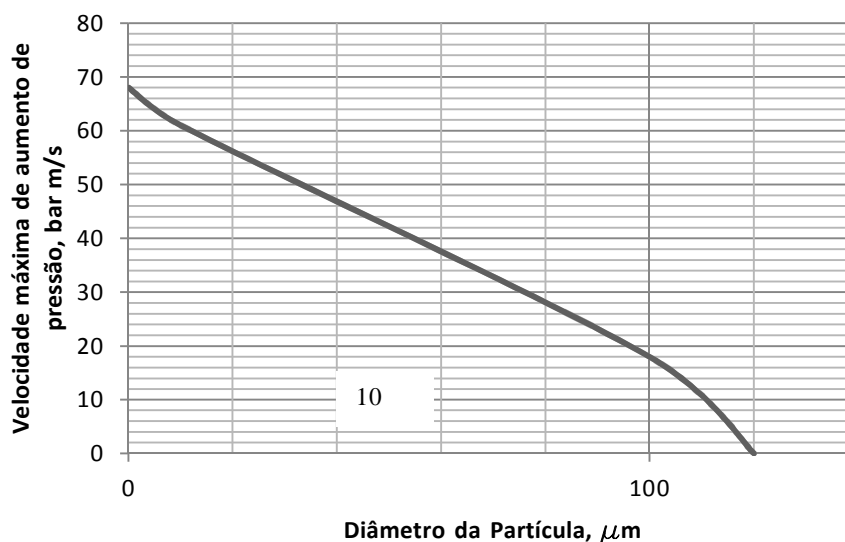


Figura 4.4 A - Efeito do tamanho da partícula do desenvolvimento da pressão de explosão do pó de carvão. (Adaptado de Cashdollar, 1996).

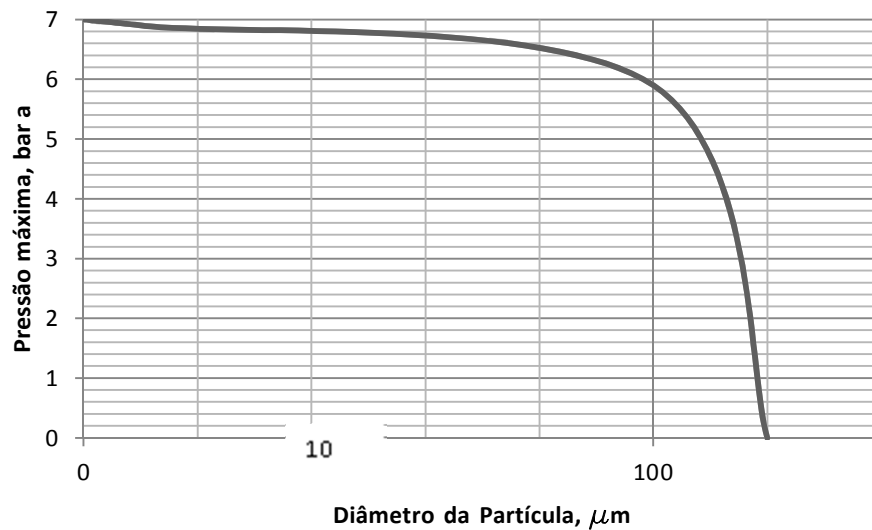


Figura 4.4 B - Efeito do tamanho da partícula do desenvolvimento da pressão de explosão do pó de carvão. (Adaptado de Cashdollar, 1996).

A diminuição da velocidade de desvolatilização é a responsável pela acentuada diminuição da velocidade de aumento de pressão com o aumento do tamanho da partícula. A fracção de matéria não desvolatilizada aumenta com o aumento do tamanho das partículas e esta funciona como um absorvedor de parte da energia proveniente da frente de chama, o que reduz o fluxo efectivo de energia que alimenta a onda de desvolatilização. Esta redução provoca uma acentuada diminuição da velocidade fundamental de queima de que depende a violência da explosão como mostra a equação (4.12).

### Concentração mínima de explosão.

Ishihama, conforme referido por Enomoto e Matsuda (1986), desenvolveu a seguinte equação para estimar a concentração mínima de explosão de carvões,

$$CME = 2 \times 10^6 d_c^{2.5} + 4,4 \times 10^6 VOL^{-3,5} + 15 \quad (4.22)$$

onde,

- CME - concentração mínima de explosão, g/m<sup>3</sup>;
- $d_c$  - diâmetro médio da partícula, cm;
- VOL - conteúdo de voláteis, v/v %.



A equação mostra que, à medida que o diâmetro da partícula diminui a importância do primeiro termo também diminui e que, a concentração mínima de explosão se torna independente do diâmetro da partícula para valores inferiores a 50  $\mu\text{m}$ . A influência do diâmetro da partícula no valor da concentração mínima de explosão assume, normalmente, um comportamento como o apresentado na Figura 4.5 (Hertzberg e Zlochower, 1990).

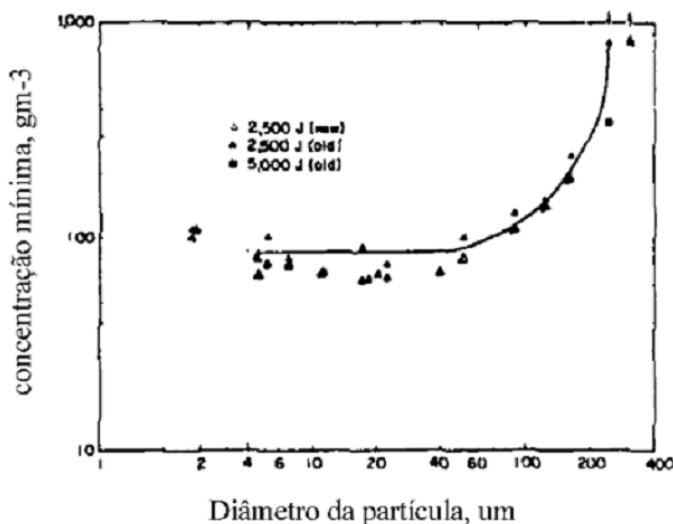


Figura 4.5 - Influência do diâmetro da partícula na concentração mínima de explosão do pó de carvão de Pittsburgh. (Hertzberg e Zlochower, 1990).

A região inicial plana mostra que a concentração mínima de explosão para as partículas finas é praticamente independente do diâmetro da partícula. À medida que as partículas vão aumentando de tamanho, aparece, acima de um dado diâmetro a que se chama característico, uma dependência da concentração mínima de explosão em relação ao diâmetro, após o que, a concentração mínima de explosão aumenta rapidamente com o diâmetro até se atingir um diâmetro crítico, acima do qual o pó é essencialmente não explosivo.

Convém pois realçar estes dois diâmetros de partículas, o diâmetro característico acima do qual passa a haver uma dependência da concentração mínima de explosão com o tamanho das partículas e o diâmetro crítico, dimensão de partículas acima da qual deixa de haver explosão, qualquer que seja a concentração de pó utilizada. Hertzberg e Zlochower (1990) estudaram os pós de polimetilmetacrilato e de carvão betuminoso de Pittsburgh obtendo valores de diâmetros característicos de 100  $\mu\text{m}$  e 50  $\mu\text{m}$  respectivamente. Cashdollar (1994) indica diâmetros característicos de 20  $\mu\text{m}$  e 15  $\mu\text{m}$  para os pós de alumínio e ferro respectivamente.

Este comportamento tem a ver com o mecanismo de propagação de chama, que para muitos pós, se deve à combustão em fase gasosa dos voláteis emitidos pelas partículas aquecidas até ao ponto de desvolatilização ou de pirólise, sendo a queima do resíduo carbonoso de somenos importância para os intervalos de tempo característicos das explosões de pós (Cashdollar et al, 1988; Hertzberg e Zlochower, 1990).

Há, no entanto, alguns pós para os quais a propagação de chama se processa através da oxidação directa à superfície das partículas, como é o caso dos metais (Hertzberg et al, 1992).

A parte plana da curva até ao diâmetro característico deve-se à completa desvolatilização das partículas finas. Portanto, são os voláteis combustíveis totais provenientes das partículas finas e a reacção dos hidrocarbonetos desvolatilizados, queimando homogeneamente na fase gasosa, que determinam a concentração mínima de explosão. O aumento exponencial da curva, que se verifica a partir do diâmetro característico, deve-se ao facto de as partículas se tornarem demasiado grandes para que o processo de desvolatilização se complete na zona da frente de chama, passando o processo a ser controlado pela velocidade de desvolatilização. Como para as partículas maiores, apenas a superfície das partículas sofre desvolatilização com a passagem da frente de chama, é necessário fornecer uma maior massa de pó afim de gerar a concentração mínima de voláteis combustíveis na fase gasosa.

Hertzberg e Zlochower (1990) mediram a perda de massa de partículas de carvão durante a sua exposição a um fluxo de laser de  $200 \text{ W/cm}^2$  e verificaram que a perda de massa aumenta com o tempo de exposição até se atingir o conteúdo máximo de voláteis. Micrografias tiradas às partículas, para diferentes tempos de exposição, confirmam que o processo de pirólise prossegue na forma de uma onda de desvolatilização que começa no topo da superfície exposta e que se propaga através da partícula até se obter um resíduo de carvão totalmente desvolatilizado.

Cashdollar et al (1988) mediram a concentração mínima de explosão de vários carvões, “gilsonite”, e várias misturas de polietileno e grafite em ar mediante ensaios realizados no reaktor semi-esférico de 20 L, usando energias de ignição de 2500 J. Mediram também o conteúdo de voláteis destes materiais usando o método da pirólise por laser e concluíram que, quanto maior era o teor em voláteis, menor era o valor da concentração mínima de explosão do pó. Hertzberg et al (1992), num outro trabalho, onde estudaram a explosividade de pós

explosivos vulgarmente empregues no fabrico de munições militares, chegaram à mesma conclusão.

Estes resultados confirmam que o mecanismo de propagação de chama assumido para a explosão de pós combustíveis se deve à combustão homogénea dos voláteis em fase gasosa. Assim, como se pode ver pela Figura 4.6, verifica-se que existe uma relação linear entre o inverso da concentração mínima de explosão e o teor em voláteis (Cashdollar et al, 1988 e Hertzberg et al, 1992).

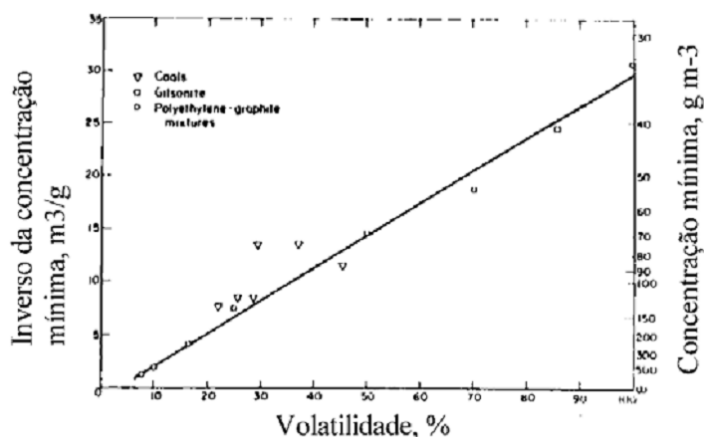


Figura 4.6 - Relação entre o inverso da concentração mínima de explosão e o teor em voláteis. (Cashdollar et al, 1988).

### O movimento das poeiras

Não sendo claro o movimento da explosão (em termos de valores mesuráveis), tem-se tendência para pensar que o movimento da poeira depositada ao longo do tempo nos mais diversos locais de uma dada unidade industrial e colocada em suspensão na presença de uma fonte de ignição com energia suficiente para uma primeira deflagração, poderá facilitar a explosão, causando vibrações subsequentes pela onda de choque entretanto criada. Isto fará com que mais pó depositado entre em suspensão e mais explosões aconteçam, cada qual mais devastadora que a anterior.

O resultado final da explosão (a energia, a pressão máxima, a percentagem de material utilizado, etc.) e as suas características (a velocidade  $dP/dt$ , o índice de deflagração  $K_{st}$ , a razão da pressão  $PR$ , etc.) dependem essencialmente dos parâmetros da reacção em cadeia acima indicada (intervalos temporais entre as explosões consecutivas, incremento da sua energia, etc.). Os últimos estão definidos em grande parte pelos factores dimensionais do pó

(tamanho médio e a forma das partículas, adesão mecânica entre elas, etc.), mas também pelos factores físicos e químicos do ambiente (temperatura, pressão, composição química da atmosfera, etc.). Todos estes factores definem eventualmente a intensidade dos movimentos das poeiras e a cinética da explosão daí decorrente.

#### **4.3.2. - Factores químicos**

##### **4.3.2.1. - Concentração**

A mistura de pó e ar sob forma de nuvem é caracterizada pela quantidade de material em suspensão dentro da faixa de explosividade, suas características e pelas condições ambientais. O grau de concentração é a quantidade de material em suspensão em  $\text{g/m}^3$ , dentro de uma faixa possível de explodir. Definem-se limites de explosividade superior e inferior abaixo ou acima dos quais não ocorre explosão. A concentração limite inferior de inflamação entende-se o valor da concentração abaixo da qual não poderá existir inflamação, ou tendo esta existido localmente não se verificou a propagação da chama. O seu valor é bastante difícil de obter com precisão devido principalmente à presença das forças de gravidade, as quais conjuntamente com as diferenças de tamanho e forma das partículas, fazem com que a suspensão se estratifique e com que as partículas se aglomerem entre si, acabando por depositar. Daí que na literatura se encontrem múltiplos valores para as mesmas condições (Campos, 1984).

As misturas ar/pó são explosivas apenas acima de uma determinada concentração de pó. É interessante notar que para um largo número de pós o limite inferior de explosividade, de particular importância para as aplicações industriais, se situa entre 20 e 100  $\text{g/m}^3$ , enquanto que, o limite superior é da ordem de grandeza de vários  $\text{kg/m}^3$ . Cashdollar (1996) estudou, no reactor semi-esférico de 20 L a explosão do polietileno e do carvão betuminoso de Pittsburgh a concentrações elevadas, concluindo que estes pós explodem até concentrações da ordem dos 4000  $\text{g/m}^3$ .

Um resumo da evolução da pressão com a concentração para pós de carvão betuminoso, polietileno e para o gás metano, está representado na Figura 4.7, (Cashdollar, 1998). Contrariamente ao metano, que evidencia um limite superior de explosividade, os dois pós não evidenciam qualquer limite superior de explosividade continuando a verificar-se o

desenvolvimento de pressão com o aumento da concentração de pó. A análise termodinâmica da evolução da temperatura e pressão adiabáticas durante a explosão prevê uma diminuição destas duas grandezas para elevadas concentrações de pó. Esta diminuição deve-se ao facto de a mistura se tornar não explosiva quando o combustível se encontra em grande excesso em fase gasosa (Hertzberg et al, 1986). O metano apresenta um comportamento para o desenvolvimento da pressão de explosão com o aumento da concentração que segue as previsões termodinâmicas, enquanto, o mesmo não se verifica com os dois pós. Os resultados experimentais mostram que a pressão e temperatura de explosão, no caso da explosão de pós, tendem a manter os seus picos à medida que a concentração de pó aumenta, em vez de diminuírem como prevê a teoria da explosão de misturas gasosas.

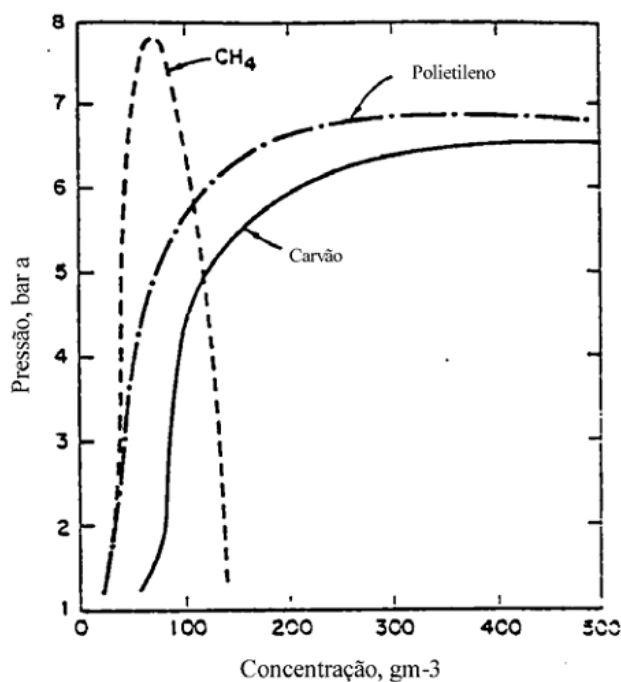


Figura 4.7 – Comparação entre a pressão de explosão dos pós de carvão betuminoso do polietileno e gás metano. Resultados obtidos com o reactor semi-esférico de 20L. (Cashdollar, 1998).

As diferenças encontradas entre as previsões termodinâmicas e os resultados experimentais são atribuídas a limitações na velocidade de desvolatilização das partículas sólidas que não foram contabilizadas na teoria de explosão de misturas gasosas. A teoria termodinâmica assume uma desvolatilização completa do pó durante a combustão, no entanto, na prática não é possível desvolatilizar completamente o pó, no tempo disponível até à passagem da frente de chama, de forma a originar em fase gasosa uma mistura com um excesso de combustível tão grande que a torne não explosiva (Hertzberg et al, 1986). Este comportamento é

característico de todas as chamas de sistemas heterogéneo e distinto do comportamento das chamas em sistemas homogéneos como é o caso das misturas gasosas (Hertzberg et al, 1986).

#### 4.3.3. - Factores físicos

Os requisitos para que uma explosão ocorra são a existência simultânea de um combustível, de um oxidante (normalmente o ar) e de uma fonte de ignição adequada. Isto é o chamado “triângulo de fogo”. O combustível pode ser qualquer material capaz de reagir rapidamente e exotermicamente com o meio oxidante. Neste caso, o combustível é um pó. Para que um pó expluda, este tem de ser disperso no ar dentro de uma dada gama de concentrações e ao mesmo tempo tem de estar presente uma fonte de ignição (Cashdollar, 1998).

##### 4.3.3.1. - Fontes de energia de ignição

As fontes de energia de activação são definidas como sendo quaisquer elementos do sistema que possam causar uma centelha que se situe dentro dos padrões de inflamabilidade. Outras fontes podem surgir ainda devido a cargas electrostáticas variadas. Por exemplo, podem ser as inerentes ao processo de produção, onde existe a libertação de pós. Podem também resultar do sistema de movimentação de materiais ou do sistema de ventilação. Nestes sistemas podem aparecer faíscas ocasionadas pelos elementos eléctricos de accionamento e de comando mal isolados. Por fim, as faíscas podem ser motivadas por atrito entre partes metálicas, tais como rotores e estatores de motores e ventiladores. São ainda de considerar situações de impactos acidentais entre peças e ferramentas, quer devidos a condicionamentos dos processos de fabricação e tecnológicos que não foram devidamente ponderados, ou por causas acidentais, como é o caso da queda de ferramentas ou pequenos componentes mecânicos ou acessórios.

A pré-condição necessária para determinar quando é que uma chama se pode propagar livremente num dado sistema é a presença de uma onda de combustão inicial. O fracasso da propagação de chama numa dada experiência, pode ser explicado como sendo devido à presença de uma mistura não explosiva com a concentração para lá dos limites de explosividade, desde que exista a certeza de que a fonte de ignição utilizada é suficientemente forte para iniciar uma potencial onda de combustão. A energia libertada pela fonte de ignição tem de ser tão forte quanto o necessário para assegurar que o resultado é independente da energia de ignição, mas ao mesmo tempo não sendo excessivamente forte de forma a não

sobre-induzir pressões e temperaturas que levem a interpretações erróneas sobre o início e consequente desenvolvimento de reacções de explosão. Só assim se pode assegurar que a concentração mínima de explosão seja independente da energia de ignição utilizada na sua determinação experimental.

No entanto, a avaliação e ponderação de todos estes aspectos é bastante complexa, sendo quase obrigatória a comparação de comportamentos e resultados experimentais entre reactores de pequena capacidade (20 L) e o reactor de 1 m<sup>3</sup>, como procedimento correcto e adequado à determinação dos valores de energia de ignição ideais (Going et al, 2000; Cashdollar e Chatrathi, 1992).

Como se pode ver na Figura 4.8, o valor da concentração mínima de explosão obtido com o reactor esférico de 1 m<sup>3</sup> é independente da energia de ignição, enquanto a concentração mínima de explosão diminui com o aumento da energia de ignição quando se trabalha com o reactor semi-esférico de 20 L. Por outro lado, os valores da concentração mínima de explosão obtidos com o reactor semi-esférico de 20 L, quando se usa uma energia de ignição de 2500 J são semelhantes aos obtidos com o reactor esférico de 1 m<sup>3</sup>, pelo que esta é a energia normalmente recomendada para trabalhar com o reactor de 20 L.

O valor da concentração mínima de explosão é representado pela assíntota vertical à curva da energia de ignição em função da concentração e o aparecimento de uma nova curvatura para os valores mais elevados de energia de ignição é indicativo da utilização de energias de ignição demasiado elevadas para o volume do sistema em estudo e que conduziram eventualmente a situações de sobre-indução. Cashdollar e Chatrathi (1992) confirmaram este comportamento para os pós de carvão betuminoso de Pittsburg e “gilsonite”, obtendo valores da ordem dos 80 g/m<sup>3</sup> e de 35 g/m<sup>3</sup> para a concentração mínima de explosão dos respectivos pós. O mesmo comportamento foi obtido por Hertzberg et al (1986) num estudo efectuado com polietileno, carvão de Pittsburgh e metano, obtendo concentrações mínimas de explosão de 35 g/m<sup>3</sup>, 90 g/m<sup>3</sup> e 4,9 % (v/v) para cada pó respectivamente e para o metano.

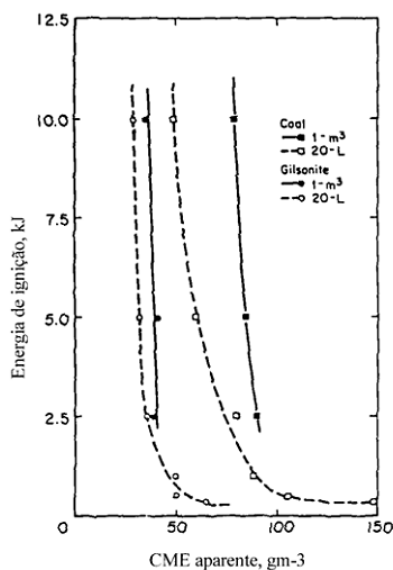


Figura 4.8 – Efeito da energia de ignição na concentração mínima de explosão. (Cashdollar e Chatrathi, 1992)

#### 4.3.3.2. - Concentração de oxigénio

A presença de oxigénio que é definida como a concentração mínima para a combustão total da massa de pó. Quanto maior for a concentração de oxigénio, maior será probabilidade de ocorrer uma explosão.

Uma das formas mais eficientes de prevenir uma explosão de pó é criar uma atmosfera inerte. Como é intuitivamente esperado, a violência de uma explosão de pó diminui com a redução do conteúdo de oxigénio do gás em que é disperso o pó. A redução da concentração de oxigénio para níveis inferiores ao atmosférico, dificulta o início de uma explosão. Reduções elevadas, resultam na inibição completa da propagação de chama. A concentração mínima de oxigénio é a concentração abaixo da qual uma explosão não ocorre (Cashdollar et al, 1998).

Wiemann (1987) investigou a influência do conteúdo de oxigénio do gás no valor da pressão máxima e da velocidade máxima de aumento de pressão, obtidos durante a explosão de pó de carvão num reactor fechado de 1 m<sup>3</sup>. Os resultados mostram que ambos os parâmetros diminuem com a descida do conteúdo de oxigénio e que a zona da concentração de pó explosiva é estrangulada, em particular, no lado rico da mistura. Mostram ainda que a redução da pressão máxima é aproximadamente proporcional à redução do conteúdo de oxigénio, como era esperado dos conceitos termodinâmicos, e que a velocidade de aumento de pressão é fortemente afectada pela variação da concentração de oxigénio da atmosfera oxidante, o que reflecte a forte influência do teor deste comburente na cinética do processo de combustão.



Nagy e Verakis (1983) estudaram o efeito da concentração inicial de oxigénio na atmosfera sobre o valor da pressão máxima desenvolvida pela explosão de vários pós, concluindo que, geralmente, uma pequena redução da concentração de oxigénio relativamente à do ar, provocava uma diminuição moderada na pressão máxima de explosão, mas que, à medida que se aproximava a concentração de oxigénio limitante, a pressão máxima de explosão diminuía rapidamente. Concluíram ainda que, a velocidade de aumento de pressão diminuía quase sempre linearmente com a diminuição da concentração de oxigénio.

A influência do conteúdo de oxigénio do gás oxidante no valor da concentração mínima de explosão de pó de carvão, com alto teor em voláteis, foi estudada por Hertzberg e Cashdollar (1987). Estes autores concluíram que, para partículas com dimensões inferiores a 10 µm, a redução do teor de oxigénio provocava apenas um aumento moderado da concentração mínima de explosão, enquanto que, quando o tamanho da partícula aumentava, a influência da redução do conteúdo de oxigénio provocava um rápido incremento do valor da concentração mínima de explosão.

#### 4.3.3.3. - Humidade

Sabe-se que quanto maior for a humidade do material bem como a do ar, mais difícil se torna a deflagração do mesmo, pois a água residual ao evaporar, empobrece o ambiente, diminuindo a concentração de oxigénio existente. Quanto mais seco, porém, mais susceptível fica (Campos, 1984). Mesmo que o processo de ignição seja iniciado, pode inibir-se devido ao efeito da modificação da atmosfera pelos vapores emitidos no curso da combustão do material húmido.

#### 4.3.3.4. - Temperatura

A temperatura mínima de ignição é a temperatura a partir da qual pode ocorrer a combustão da poeira e não poderá ser alcançada em situações normais. Uma flutuação da temperatura fora do normal pode ocorrer devido aos factores aleatórios indicados acima (de produção de faíscas) ou pelo uso controlado da fonte da ignição (nas condições experimentais do reactor). Alguns resultados indicativos da temperatura de auto-inflamação no ar, referentes a partículas correntes, são apresentados na Tabela 4.1 (Campos, 1984).

Tabela 4.1 – Temperaturas de auto-inflamação indicativas para suspensões de várias partículas correntes (Campos, 1984).

<i>Natureza das poeiras</i>	<i>Temp. de auto-inflamação (°C)</i>
Carvão	530 a 610
Cereal	400 a 480
Polietileno	410
PV Butyral	390
Resinas epóxicas	530
Farinha	450
Serradura	430

A mudança de incêndio para explosão pode ocorrer facilmente, desde que poeiras que se encontravam depositadas nas imediações do fogo, entrem em suspensão e levem à obtenção de uma mistura gás sólido com concentração mínima de explosão, sendo este um ingrediente necessário para o desencadeamento das subseqüentes explosões.

Ao contrário, se as poeiras em suspensão causarem uma explosão, as partículas de poeira que estavam a queimar podem sair da suspensão e espalhar o fogo, deixando de haver explosão e passando a haver um regime de propagação de uma frente de chama, a velocidades relativamente lentas. Poderá então acontecer que esta frente de chama chegue a uma nova região com concentrações de partículas dentro dos limites de explosão voltando a aparecer condições para o reaparecimento de novas explosões. Nestes termos os danos podem ser consideravelmente maiores que no caso descrito no parágrafo anterior.

## 5 CASO PRÁTICO - AMORIM CORK COMPOSITES

### 5.1 Abordagem da implementação nacional da directiva atex

Em Portugal a transposição da Directiva ATEX foi feita através do DL n.º 236/2003, de 30 de Setembro, que impõe que todos os locais onde se detecte a presença destas atmosferas se adoptem medidas de prevenção e protecção dos trabalhadores. Deve-se classificar as áreas onde se possam formar atmosferas explosivas de acordo com a frequência e duração das mesmas. Esta classificação conduz igualmente à selecção dos equipamentos a utilizar, de modo a garantir o nível de protecção mais adequado.

Em Portugal, para além da transposição da Directiva legislação, não tem havido produção de documentação sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD), visando uma correcta avaliação de risco nos locais com atmosferas explosivas.

Com o objectivo de descobrir as entidades que interagem e supervisionam as empresas abrangidas pela Directiva e a forma como esta foi/está a ser implementada, no sentido de avaliar as dificuldades no cumprimento da Directiva e a forma de implementação nas empresas decidiu-se consultar, as entidades que provavelmente podiam vir a estar relacionadas, com a “Implementação da Directiva ATEX”.

Das várias consultas que foram feitas, às várias entidades que interagem e supervisionam as empresas abrangidas pela Directiva, poucas mostraram interesse em responder e dialogar sobre esta directiva sendo para algumas um assunto ainda pouco explorado ou até mesmo desconhecido.

A entidade nacional responsável pela sua implementação é a Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT), sendo este um serviço do Estado que visa a promoção da melhoria das condições de trabalho em todo o território continental através do controlo do cumprimento do normativo laboral no âmbito das relações laborais privadas e pela promoção da segurança e saúde no trabalho em todos os sectores de actividade públicos ou privados.

No entanto chegou-se a conclusão que a implementação da Directiva Atex em Portugal ao longo destes 10 anos não foi regulada, pois sendo a Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT) o único órgão a quem compete a fiscalização do cumprimento do presente

diploma, este até a data (Janeiro de 2014) ainda não tem qualquer tipo de avaliação relativamente a implementação desta directiva (anexo C).

Conforme podemos ver na figura 5.1, o Decreto-lei n.º 236/2003 de 30 de Setembro nasceu através da transposição para a ordem jurídica nacional da directiva n.º 1999/92/CE, do Parlamento Europeu e do conselho, sendo a Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT) o único órgão a quem compete a fiscalização do cumprimento do presente diploma. As associações/federações tem um papel meramente representativo dos diferentes grupos industriais que laboram em ambientes ATEX.

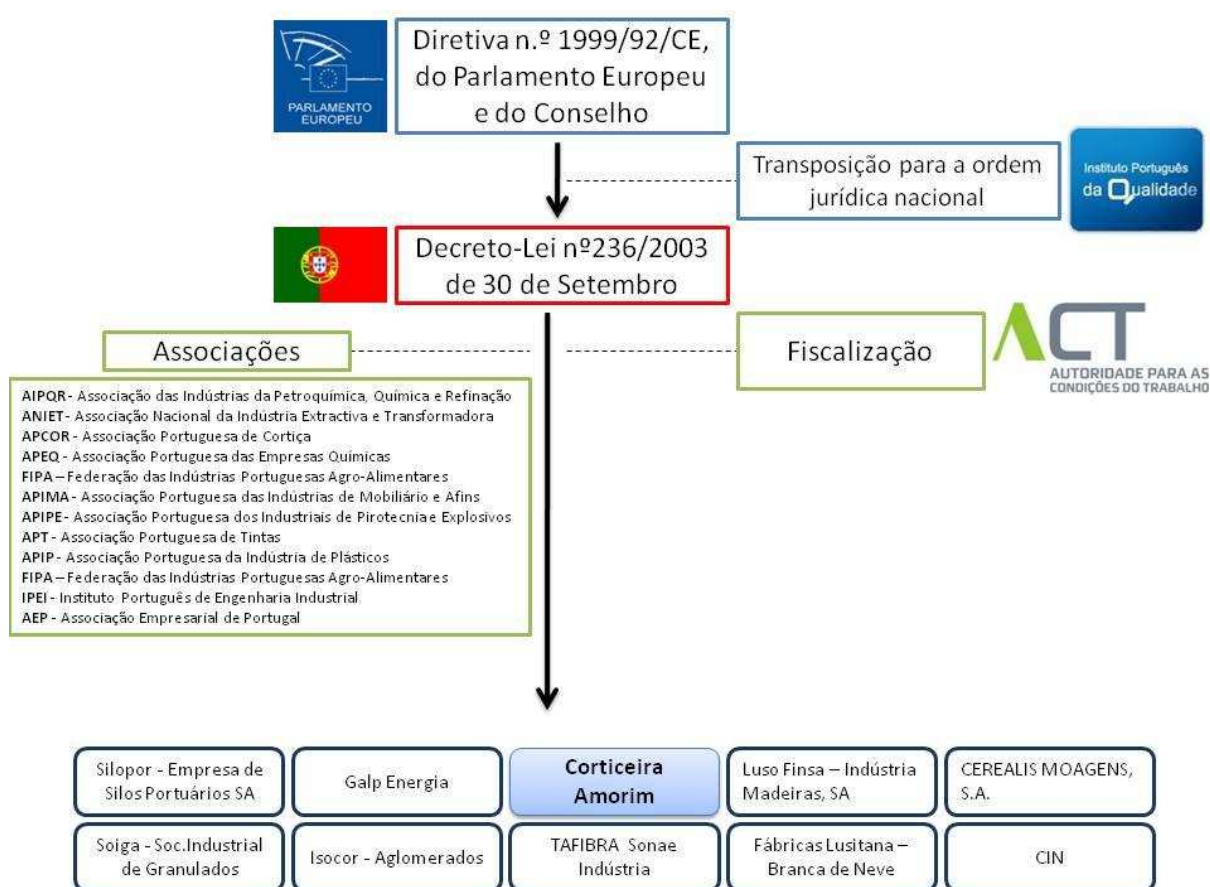


Figura 5.1 – Implementação nacional da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003, de 30 de Setembro)

## 5.2 Escolha da Amorim Cork Composites

Sendo o objectivo principal desta dissertação o estudo da Implementação da directiva ATEX no sector industrial, foi realizado um levantamento a nível nacional de todas as unidades industriais que laboravam em ambientes ATEX.

A Amorim Cork Composites, faz parte das maiores unidades industriais nacionais, sendo a Corticeira Amorim a maior empresa mundial de produtos de cortiça e a mais internacional das empresas portuguesas.



Figura 5.2 – Amorim Cork Composites

Esta unidade industrial, funciona permanentemente na presença de poeiras de cortiça, o que pode conduzir a origem de explosões, caso estas poeiras contenham partículas com determinadas propriedades a nível mecânico, químico e físico.

Face a este panorama e devido ao presente risco de explosão, achou-se de extrema importância desenvolver um estudo prático nestas instalações.

Numa 1.<sup>a</sup> fase, começou-se por se fazer um questionário ao responsável da área de segurança da Amorim Cork Composites (anexo I), de modo a que fosse perceptível o estado de implementação da directiva ATEX na empresa e as dificuldades no seu cumprimento ao longo destes 10 anos.

Do questionário em questão, podemos concluir que o empenho da Amorim Cork Composites na implementação da directiva ATEX é notório, estando implementado as medidas mínimas no diz respeito a segurança para ambiente ATEX, exigidas pelo Decreto-lei nº 236/2003 de 30 de Setembro.

### 5.3 A Amorim Cork Composites

A Amorim Cork Composites é a Unidade de Negócios (UN) de aglomerados e compósitos, mais tecnológica do universo da Corticeira Amorim. Referência internacional na pesquisa, desenvolvimento e produção de novas soluções de compósitos de cortiça, tem entre os seus principais clientes algumas das indústrias mais exigentes do mundo em termos de qualidade, como é o exemplo da NASA (National Aeronautics and Space Administration).

Dados da Amorim Cork Composites:

- **Localização da Sede:** Mozelos, Santa Maria da Feira
- **Constituição:** 1991 (por transformação da Corticeira Amorim, Lda, fundada em 1963)
- **Fusão:** Janeiro de 2008 (Corticeira Amorim - Indústria com a Amorim Industrial)
- **Nº Funcionários:** 342
- **Produtos:** Granulado de Cortiça, Aglomerados Técnicos de Cortiça e Produtos de Cortiça com Borracha.

Na figura 5.3, podemos ver as instalações da Amorim Cork Composites, através de uma fotografia aérea, onde evidencia os seus 100.710 m<sup>2</sup>, sendo 52.404 m<sup>2</sup> cobertos.



Figura 5.3 – Unidade de Negócios (UN) Aglomerados Compósitos - Mozelos

## 5.4 Actividade da Amorim Cork Composites

A Corticeira Amorim Indústria, SA concentra as suas actividades na produção de granulados e aglomerados de cortiça, assim como de produtos semi-acabados e acabados de cortiça (p.e palmilhas, quadros de cortiça, juntas para automóveis).

Esta unidade industrial utiliza todo o tipo de cortiça como matéria-prima, sendo o seu processo iniciado com a granulação da cortiça, conforme podemos ver na figura 5.4, onde parte desta cortiça granulada é comercializada e outra parte segue para uma nova etapa de produção chamada aglomeração, sendo o produto final blocos e cilindros de cortiça conforme podemos ver na figura 5.5.



Figura 5.4 – Granulação da cortiça



Figura 5.5 – Aglomeração da cortiça

Realizado o processo de aglomeração em blocos e cilindros de cortiça, partes destes destinam-se a ser comercializados e outra parte reingressa numa nova etapa de produção chamada acabamentos sendo o produto final folhas, rolos, mini-rolos, componentes colados, cortiça com borracha conforme podemos ver na figura 5.6.



Figura 5.6 – Rolos de cortiça

Estando realizado o processo fabrico de folhas, rolos, mini-rolos, componentes colados, cortiça com borracha, parte destes componentes destinam-se ao mercado e outra parte segue para a última etapa de produção, chamada juntas e artefactos de cortiça, como por exemplo, juntas para automóveis, bases para quentes, artefactos de cortiça, etc. como podemos na figura 5.7.



Figura 5.7 – Artefactos de cortiça

A figura 5.8 ilustra as actividades da Corticeira Amorim Indústria, SA, desde da entrada da matéria-prima até a saída do produto acabado ao longo das várias etapas.



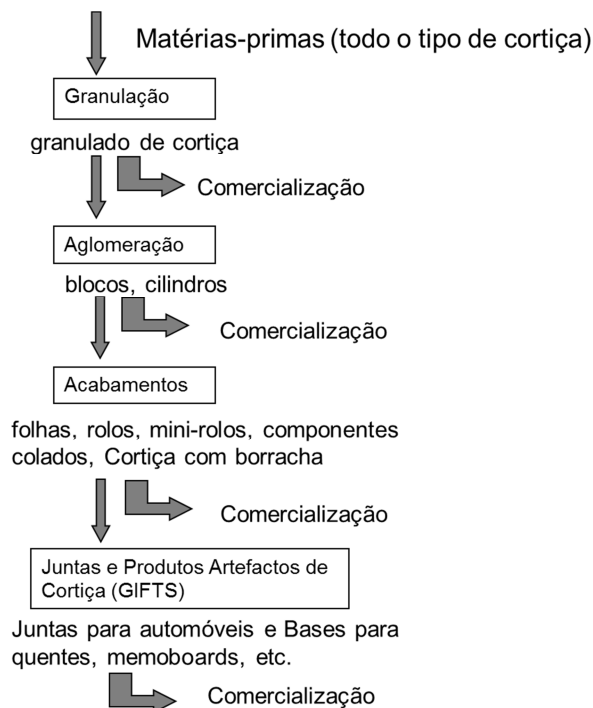


Figura 5.8 – Esquema de actividades da Unidade de Negócios (UN) Aglomerados Compósitos.

## 5.5 Objectivos do trabalho na Amorim Cork Composites

A análise e classificação dos riscos de explosão visa preencher os requisitos mínimos estabelecidos no Decreto-lei n.º 236/2003, que transpõe para o Direito Nacional a Directiva 1999/92/CE relativa às prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria e protecção da segurança e saúde dos trabalhadores susceptíveis de exposição a riscos derivados de atmosferas potencialmente explosivas.

O resultado deste trabalho deverá ser a base para procedimentos de trabalho, acções de protecção, escolha de equipamento, manutenção, sinalização de aviso e regras de segurança nas operações em questão para a segurança e saúde dos trabalhadores.

Na análise de risco, consideram-se os riscos associados à perda de capital tais como interrupções de produção, perdas de património, de lucro etc..

A classificação de áreas perigosas e análise do risco de explosão constituem uma parte do trabalho sistemático para melhoria da segurança e saúde dos trabalhadores tal como é requerido na Directiva 89/391/CE.

### 5.5.1 - Limites de aplicação

A classificação de áreas e análise de riscos apresentados, apenas tem em consideração os riscos de explosão definidos na Directiva 1999/92/CE, os quais não estão relacionados com o manuseamento de substâncias explosivas ou quimicamente instáveis.

## 5.6 Termos e definições no trabalho prático

Com o objectivo de contextualizar todos os conceitos gerados ao longo deste trabalho e necessários para o enquadramento deste caso prático, foi elaborado uma tabela resumo, de modo a compreender-se todos os conceitos utilizados ao longo deste trabalho prático.

### 5.6.1- Termos e definições – Explosão

Ao longo deste trabalho prático foram abordados vários termos e definições relacionados com o tema “explosão”, sendo estes resumidos na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Termos e definições – explosão.

<b>TERMO</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>
<b>Atmosfera explosiva</b>	Uma mistura com o ar, em condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis sob a forma de gases, vapores, névoas ou poeiras, na qual, após ignição, a combustão se propague a toda a mistura não queimada. [Dir. 1999/92/CE] Importa notar que numa atmosfera explosiva tal como definida pela Directiva a combustão pode não ser suficientemente rápida para produzir uma explosão como definida na norma EN 1127-1.
<b>Explosão</b>	Oxidação abrupta ou reacção de decomposição que produz uma subida da temperatura, pressão ou ambas simultaneamente. [EN 1127-1]
<b>Deflagração</b>	É o fenómeno de explosão que se propaga com velocidade de chama subsónica. [EN 1127-1/EN 13237]
<b>Detonação</b>	É o fenómeno de explosão em que a velocidade da chama se propaga a velocidade supersónica devido ao fluxo turbulento e efeito de acumulação (caracterizada por uma onda de choque). [EN 1127-1/EN 13237]
<b>n.º CAS</b>	Número único atribuído a uma substância ou mistura pelo serviço de resumos da American Chemical Society. Proporciona um modo de identificação único, que é necessário porque uma substância química pode ter vários nomes. O número CAS é muito útil para encontrar informação sobre a substância química, quando se pesquisa em livros ou em bases de dados de produtos químicos.
<b>EINECS – n.º CE</b>	Inventário europeu das substâncias químicas existentes no mercado. Este inventário contém a lista definitiva de todas as substâncias que se supõe existirem no mercado comunitário em 18 de Setembro de 1981.
<b>Densidade Relativa (ar=1) DR</b>	Densidade de um gás ou vapor relativamente à densidade do ar (d=1) à mesma pressão e temperatura. Dá-nos informação e base para cálculos de ventilação, extensão, etc. [IEC 60079-10]
<b>Ponto de Inflamação</b>	Temperatura mínima à qual, sob condições de teste específicas, um líquido liberta gás ou vapor inflamável em quantidade suficiente para se incendiar instantaneamente sob a acção de uma fonte de ignição efectiva. [EN 1127-1/EN 13237]
<b>Limites de explosão: LIE, LSE</b>	Pode ocorrer uma explosão quando a concentração da substância inflamável suficientemente dispersa no ar ultrapassa um valor mínimo (LIE - limite inferior de explosão). Não ocorrerá uma explosão quando a concentração de gás ou vapor exceder um valor máximo (LSE - limite superior de explosão). Os limites de explosão alteram-se em condições não atmosféricas. Em geral, a gama de concentrações entre os limites de explosão aumenta com a subida da pressão e da temperatura da mistura. Só se pode formar uma atmosfera explosiva sobre um líquido inflamável se a temperatura da superfície do líquido ultrapassar um valor mínimo. Os valores tabelados normalmente apresentam tolerâncias pelo que será preferível incorporar uma margem de tolerância de aproximadamente $\pm 10\%$ . Os valores servem de base para análise da probabilidade para atmosferas explosivas, cálculo da ventilação e sistema de medição de gás. [CEI 60079-10]
<b>Temperatura de Auto-ignição TAI</b>	A temperatura mais baixa de uma superfície quente, determinada sob condições de ensaio específicas, na qual ocorrerá a ignição de uma substância combustível sob a forma de mistura de gás, vapor ou poeira com o ar. [CEI 60079-10]
<b>Energia Mínima de Ignição EMI (Gás)</b>	É a energia mínima que pode inflamar uma mistura explosiva de gás ou vapor com o ar. A energia de ignição é frequentemente a menor para uma mistura ideal (mistura estequiométrica) e aumenta perto dos limites de explosão onde pode ser 1000 vezes maior. O valor serve como base para análise da probabilidade de formação de uma atmosfera explosiva, cálculos de ventilação e sistema de medição de gás. [EN 13237]

<b>Energia Mínima de Ignição EMI (Camada de Poeira)</b>	É a energia mínima necessária para inflamar uma camada de poeira com uma determinada espessura, numa superfície quente. [CEI 61241-14]
<b>Energia Mínima de Ignição EMI (Nuvem de Poeira)</b>	É a energia mínima necessária para inflamar uma nuvem de poeira. [CEI 61241-14]
<b>Mistura Estequiométrica</b>	Quantidade mínima de ar que fornece o oxigénio suficiente de forma a que a combustão seja completa.
<b>Constante de explosão Kst e Kg</b>	Descreve o comportamento da explosão de uma poeira combustível em circuito fechado. O valor é usado para descrever e comparar diferentes materiais ou características de explosão de substâncias. É usado para calcular escapes de explosão ou sistemas de supressão de explosão. A maioria dos materiais orgânicos têm um valor de Kst <200 bar*m/s e são incluídos na classe de risco St1 de acordo com a norma alemã VDI 3673 [1]. Por exemplo, poeiras de plásticos e metais têm Kst 200 bar*m/s que corresponde a St2 ou 3. Para cálculos de escapes de explosão e sistemas de supressão de explosão deve ser usado Kst 200 bar*m/s se o material não foi testado. A constante dos gases Kg pode ser encontrada na literatura.
<b>Pressão Máxima de Explosão Pmax</b>	Usado para se obter o valor da constante de explosão (Kst). Pressão máxima que ocorre num recipiente fechado durante a explosão de uma atmosfera explosiva determinada sob condições de teste específicas. [EN 1127-1/EN 13237] Este valor é significativo, por exemplo, em cálculos ou sistemas de supressão ou alívio de explosão. Para tais cálculos o valor deverá ser baseado em testes da substância ou valores concordantes tabelados em literatura adequada.

### 5.6.2- Classificação de zona

É considerado área perigosa uma área na qual se pode formar uma atmosfera explosiva em quantidades tais que tornam necessário a adopção de medidas de protecção dos trabalhadores contra os riscos de explosão. Uma atmosfera explosiva presente em tais quantidades é denominada atmosfera explosiva perigosa. A fim de determinar a extensão das, medidas de protecção, as áreas perigosas subsistentes devem ser classificadas em zonas, em função da probabilidade de formação de atmosferas explosivas perigosas, conforme a tabela 5.2 para gases e a tabela 5.3 para poeiras.

#### - Classificação de zona – Gás

Tabela 5.2 – Definições da classificação de zona – explosão

<b>Zona 0</b>	Área onde existe permanentemente ou durante longos períodos de tempo, ou com frequência, uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis, sob a forma de gás, vapor ou névoa. [Decreto-lei n.º 236/2003]
<b>Zona 1</b>	Área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis, sob a forma de gás, vapor ou névoa. [Decreto-lei n.º 236/2003]
<b>Zona 2</b>	Área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis sob a forma de gás, vapor ou névoa, ou onde, caso se verifique, essa formação seja de curta duração. [Decreto-lei n.º 236/2003]

#### - Classificação de zona – Poeiras

Tabela 5.3 – Classificação Poeiras

<b>Zona 20</b>	Área onde existe permanentemente ou durante longos períodos de tempo, ou frequentemente, uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível. [Decreto-lei n.º 236/2003]
<b>Zona 21</b>	Área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível. [Decreto-lei n.º 236/2003]
<b>Zona 22</b>	Área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível ou onde, caso se verifique, essa formação seja de curta duração. [Decreto-lei n.º 236/2003]

### 5.6.3- Classe de Temperatura

Todo o equipamento eléctrico certificado para uso em áreas com gases ou vapores está identificado com uma temperatura máxima designada por Classe de Temperatura. Esta identifica a temperatura que um equipamento eléctrico pode obter em condições normais de operação. Esta temperatura pode ser a temperatura da superfície ou então a temperatura de ignição de componentes do interior do material eléctrico. Quer a temperatura venha do interior ou do exterior do equipamento ela depende do conceito de protecção de um dado equipamento eléctrico.

Os gases estão divididos em classes de temperatura e estas devem ser sempre inferiores à temperatura de ignição do material inflamável.

Tabela 5.4 – classes de temperatura dos gases.

<i>Classe de Temperatura do Equipamento</i>	<i>Temperatura Máxima do Equipamento (°C)</i>	<i>Temperatura de Ignição do Gás ou Vapor (°C)</i>
T1	450	>450
T2	300	>300
T3	200	>200
T4	135	>135
T5	100	>100
T6	85	>85

As poeiras combustíveis apresentam duas temperaturas de inflamação diferentes: Temperatura de ignição de nuvem de poeira (TIN) e Temperatura de ignição de camada de poeira (TIC).

A temperatura máxima da superfície do equipamento não deve exceder dois terços da temperatura mínima de ignição (em °C) da mistura poeira/ar considerada.

$$T_{max} = \frac{2}{3} \times TIN$$

**TMAX** – Temperatura superficial máxima do equipamento (°C)

**TIN** – Temperatura mínima de ignição da nuvem de poeira (°C)

Para situações em que a espessura da camada de poeira é igual ou inferior a 5mm é frequente utilizar uma margem de segurança de 75°C entre a temperatura mínima de ignição de uma camada de poeira e a temperatura da superfície do equipamento.

$$T_{max} = T_{5mm} - 75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

T5mm – Temperatura mínima de ignição de uma camada de poeira de 5mm (°C)

São necessárias margens superiores se a espessura da camada for entre 5mm e 50mm uma vez que a temperatura mínima de ignição de camadas de poeira desce com o aumento da espessura e estará presente um maior efeito de isolamento, o que resulta em temperaturas mais altas na superfície do equipamento [EN 61241-14:2004].

#### 5.6.4- Selecção de Equipamentos

Equipamentos, componentes e sistemas de protecção e segurança devem, se nada em contrário for indicado neste documento, ser desenhados, marcados e declarados em conformidade com a Directiva 94/9/CE quando utilizados em ou em contacto com áreas com atmosferas potencialmente explosivas (áreas classificadas). O anterior é também válido para sistemas/dispositivos de segurança que não estejam directamente em contacto com atmosferas potencialmente explosivas mas que sejam essenciais para o funcionamento em segurança do equipamento ou sistema de protecção ou que sejam condição para que não se forme uma atmosfera potencialmente explosiva.

A Directiva 94/9/CE foi transposta para o direito nacional pelo Decreto-lei nº 112/96 de 5 de Agosto.

Segundo a Directiva 94/9/CE de 23 de Março de 2004 os equipamentos e sistemas de protecção classificam-se segundo Grupos e Categorias.

Tabela 5.5 – Classificação de equipamentos segundo Grupos e Categorias

GRUPO DE EQUIPAMENTO	CATEGORIA DE EQUIPAMENTO	SUBSTÂNCIA INFLAMÁVEL
I	M1	Metano Poeira
	M2	Metano Poeira
II	1	Gases Vapores Poeira
	2	Gases Vapores Poeira
	3	Gases Vapores Poeira

O grupo de equipamentos I é formado por aqueles destinados a trabalhos subterrâneos em minas e em partes das suas instalações de superfície, nas quais pode haver perigo devido ao griso e/ou às poeiras inflamáveis.

A categoria M1 compreende os equipamentos desenhados e, se for necessário, equipados com meios de protecção especiais, de forma a que possam funcionar dentro dos parâmetros operativos determinados pelo fabricante e assegurar um nível de protecção muito alto.

A categoria M2 compreende os equipamentos desenhados para poder funcionar nas condições práticas fixadas pelo fabricante, baseadas num alto nível de protecção.

Os meios de protecção relativos aos equipamentos desta categoria assegurarão o nível de protecção requerido durante o seu funcionamento normal, incluindo em condições de exploração mais rigorosas, em particular as resultantes de uma utilização intensa do aparelho e de condições ambientais inconstantes.

O grupo de equipamentos II é composto por aqueles destinados ao uso em outros lugares nos quais pode haver o perigo de formação de atmosferas explosivas, devidas a gases, vapores ou poeiras inflamáveis.

A categoria 1 compreende os equipamentos desenhados para funcionar dentro dos parâmetros operativos fixados pelo fabricante e assegurar um nível de protecção muito alto. Os equipamentos desta categoria estão destinados a serem utilizados num meio ambiente no qual se produzam de forma constante, duradoura ou frequente atmosferas explosivas devidas a misturas de ar com gases, vapores, névoas ou misturas poeira-ar.

A categoria 2 compreende os equipamentos desenhados para funcionar dentro dos parâmetros operativos fixados pelo fabricante e assegurar um nível de protecção alto. Os equipamentos desta categoria estão destinados a serem utilizados num meio ambiente no qual seja provável a formação de atmosferas explosivas devidas a misturas de ar com gases, vapores, névoas ou poeiras em suspensão.

A categoria 3 compreende os equipamentos desenhados para funcionar dentro dos parâmetros operativos fixados pelo fabricante e assegurar um nível de protecção normal. Os equipamentos desta categoria estão destinados a serem utilizados num meio ambiente em que seja pouco provável a formação de atmosferas explosivas devidas a misturas de ar com gases, vapores, névoas ou poeiras em suspensão.

### 5.6.5- Classificação de Substâncias Inflamáveis

Dentro do Grupo II, as substâncias inflamáveis classificam-se em três subgrupos em função da Energia Mínima de Ignição (EMI) ou da Corrente Mínima de Ignição (CMI) e do Interstício Experimental Máximo de Segurança (IEMS).

A energia mínima de ignição define-se como sendo a energia mínima que pode inflamar uma mistura explosiva de gás ou vapor com o ar. Por sua vez, a corrente mínima de inflamação é a corrente mínima que provoca a inflamação de uma mistura explosiva.

O interstício experimental máximo de segurança é definido como sendo o interstício máximo que é capaz de impedir toda a transmissão da explosão, num equipamento de ensaio normalizado, que dispõe de uma junta de 25mm de longitude. É uma medida da sensibilidade à inflamação por meio de gases quentes originados pela explosão da mesma mistura noutra câmara.

Assim sendo os gases podem ser classificados segundo a tabela 5.6:



Tabela 5.6 – Classificação dos gases

Subgrupo de Gás/Vapor	EMI ( $\mu$ J)	IEMS (mm)	CMI/CMI (CH <sub>4</sub> )	Substância	Subgrupo de Equipamento
IIA	>250	>0,9	>0,8	Propano	IIA, IIB ou IIC
IIB	96-250	0-0,9	0,45-0,8	Etileno	IIB ou IIC
IIC	<96	<0,5	0,45	Acetileno/Hidrogénio	IIC
IIA, IIB, IIC					II

### 5.6.6- Modos de Protecção

Contra o risco de inflamação ou explosão que podem ocorrer com os equipamentos, existem modos de protecção reconhecidos actualmente que suprimem uma das condições que leva à produção da explosão. Trata-se então de suprimir a atmosfera explosiva, a origem da inflamação ou causas de ignição ou ainda a transmissão da explosão.

Tabela 5.7 – Modos de protecção para equipamentos eléctricos

MODOS DE PROTECÇÃO PARA EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS					
GASES, VAPORES OU LÍQUIDOS	SÍMBOLO	ZONA	REFERÊNCIA	CONCEITO BÁSICO DE PROTECÇÃO	SIMBOLOGIA
Protecção por segurança aumentada	e	1,2	EN 60079-7	Ausência de arcos, faíscas ou superfícies quentes	
Tipo "n" - Ausência de faíscas	nA	2	EN 60079-15		

Invólucro antideflagrante	d	1,2	EN 60079-1	Contém a explosão, abafa a chama Com produção de faíscas (equipamento hermeticamente selado)	
Tipo "n" Falha delimitada	nC	2	EN 60079-15		
Invólucros com enchimento de partículas	q	1,2	EN 60079-5		
Protecção por segurança intrínseca	ia	0,1,2	EN 60079-11	Limita a energia das faíscas e temperaturas da superfície	
Protecção por segurança intrínseca	ib	1,2	EN 60079-11		
Protecção por segurança intrínseca	ic	2	EN 60079-11		
Tipo "n" – Limitação de energia	nL	2	EN 60079-15		
Invólucros de sobrepressão interna	p	1,2	EN 60079-2	Mantém a chama no exterior ou fora do alcance	
Tipo "n" – Encapsulado de respiração limitada	nR	2	EN 60079-15	Mantém a chama no exterior ou fora do alcance	
Tipo "n" – Levemente pressurizado	nZ	2	EN 60079-15		
Protecção por encapsulamento	ma	0,1,2	EN 60079-18	Mantém a chama no exterior ou fora do alcance	
Protecção por encapsulamento	mb	1,2	EN 60079-18		
Protecção por imersão em óleo	o	1,2	EN 60079-6		
Protecção por invólucros	tD	20,21,22	EN 61241-1	Protecção standard para poeiras	
Protecção por segurança intrínseca	iaD ibD	20,21,22 21,22	EN 61241-11	Similar ao tD, mas com algumas atenuações se o interior do circuito for intrinsecamente seguro	
Protecção por pressurização	pD	21,22	EN 61241-4	Protecção por pressurização	
Protecção por encapsulamento	maD mbD	20,21,22 21,22	EN 61241-18	Protecção por encapsulação das partes incendiáveis	

Tabela 5.8 – Modos de protecção para equipamentos não eléctricos

MODOS DE PROTECÇÃO PARA EQUIPAMENTOS NÃO ELÉCTRICOS					
GASES, VAPORES OU LÍQUIDOS / POEIRAS	SÍMBOLO	ZONA	REFERÊNCIA	CONCEITO BÁSICO DE PROTECÇÃO	SIMBOLOGIA
Protecção por invólucro de circulação limitada	fr	2,22	EN 13463-2	Previne que a fonte de ignição entre em contacto com a atmosfera explosiva	
Protecção por invólucro antideflagrante	d	1,2 21,22	EN 13463-3	Contém e evita a propagação da chama	
Protecção por segurança inerente	g	0,1,2 20,21,22	EN 13463-4	Baixa energia potencial	
Protecção por segurança construtiva	c	0,1,2 20,21,22	EN 13463-5	Perigos de ignição eliminados por bons métodos de engenharia	
Protecção por controlo da fonte de ignição	b	0,1,2 20,21,22	EN 13463-6	Assegura que a fonte de ignição não chegue a activar-se	
Protecção por pressurização	p	1,2 21,22	EN 13463-7	O invólucro é purgado e pressurizado para evitar o aparecimento de fontes de ignição	
Protecção por imersão de líquido	k	0,1,2 20,21,22	EN 13463-8	Os invólucros utilizam líquidos para prevenir o contacto com atmosferas explosivas	



### 5.6.7- Graus de Protecção para os Invólucros contra o acesso às partes perigosas (Norma EN 60529:1993)

O código IP é um sistema de codificação para indicar os graus de protecção proporcionados pelo invólucro de um equipamento contra o acesso a partes perigosas, a penetração de corpos sólidos estranhos e a penetração de água.

O código IP é definido por dois dígitos: o primeiro indica o grau de protecção contra a penetração de corpos sólidos (variável de 0 a 6); o segundo indica o grau de protecção contra a penetração de líquidos (variável de 0 a 8).

Tabela 5.9 – Código IP

Primeiro número	Segundo número
<i>Protecção contra corpos sólidos</i>	<i>Protecção contra líquidos</i>
0 – Sem protecção especial	0 – Sem protecção especial
1 – Objectos com diâmetro superior a 50 mm	1 – Quedas verticais de gotas de água
2 – Objectos com diâmetro superior a 12,5 mm	2 – Quedas verticais de gotas de água com inclinação de 15°
3 – Objectos com diâmetro superior a 2,5 mm	3 – Projecção de água até 60° da vertical
4 – Objectos com diâmetro superior a 1,0 mm	4 – Projecção de água de todas as direcções
5 – Protegido contra poeiras	5 – Jactos de água
6 – Totalmente protegido contra poeiras	6 – Jactos fortes de água
	7 – Imersão temporária até 1m de profundidade
	8 – Imersão extensa a profundidades superiores a 1m

### 5.6.8 - Graus de protecção para os invólucros de materiais eléctricos contra os impactos mecânicos externos (Norma UNE-EN 50102:1996)

O código IK é um sistema de codificação para indicar o grau de protecção proporcionado pelo invólucro do equipamento contra os impactos mecânicos nocivos.

Tabela 5.10 – Código IK

Código IK	IK100	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energia de Impacto (J)	*	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

\* Não protegido segundo esta Norma

### 5.6.9- Marcação de Equipamento

Todos os equipamentos certificados para serem utilizados em atmosferas explosivas e, por isso, dotados de um ou vários modos de protecção, dispõem de uma marcação de acordo com o indicado nas normas nas quais se baseia a dita certificação.

A marcação deve conter de forma clara a informação do modo de protecção, a classe de temperatura, o grupo e subgrupo de atmosferas, certos parâmetros específicos do modo e siglas do organismo de certificação e o número do certificado.

Esta marcação será necessária para uma adequada instalação, manutenção e utilização do equipamento em questão.

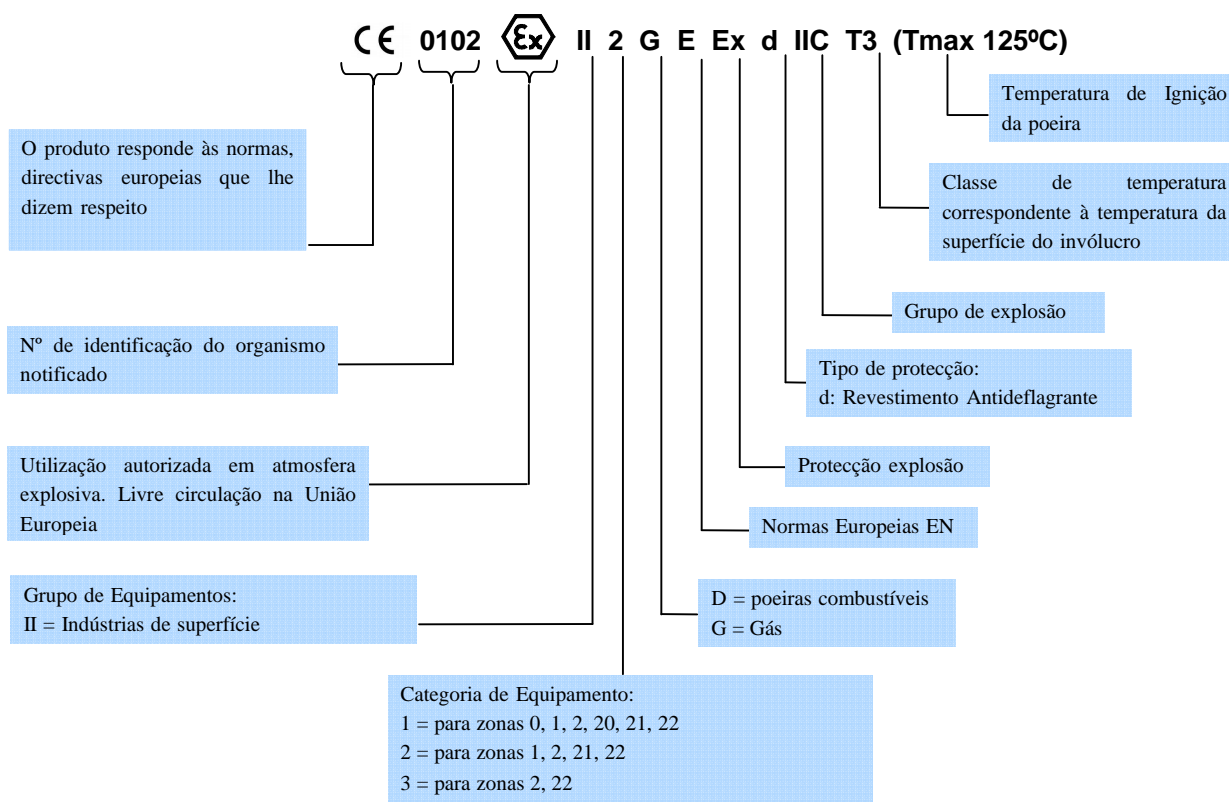


Figura 5.9 – Marcação de Equipamentos.

O final desta marcação pode ser seguido de uma letra X ou uma letra U que indicam:

- X – Indica que o material certificado está submetido a condições especiais de fabricação ou uso para uma utilização segura;
- U – Indica que o material certificado é um componente. Entende-se por componente um material que não tem entidade própria como equipamento completo. O certificado de componente é um certificado parcial que servirá de base para a realização de um equipamento que dispõe de tais componentes.

## 5.7 - Condições de dimensionamento- explosão

### 5.7.1 - Leis e regulamentos governamentais

De acordo com a Directiva 1999/92/CE, o empregador deve proceder à análise da probabilidade de formação de atmosferas explosivas e da probabilidade e consequências de uma explosão.

O empregador deve tomar medidas de carácter técnico e/ou organizativas para prevenir explosões e proteger os trabalhadores dos efeitos das mesmas. Nesta análise, todos os materiais e substâncias combustíveis e/ou inflamáveis devem ser considerados como sendo materiais que podem formar atmosferas potencialmente explosivas a não ser que uma investigação das suas propriedades tenha provado que em mistura com o ar são incapazes de independentemente propagar uma explosão.

A Directiva 1999/92/CE foi transposta para o direito nacional pelo Decreto-lei n.º 236/2003 de 30 de Setembro.

Equipamentos, componentes e sistemas de protecção e segurança devem, se nada em contrário for indicado neste documento, ser desenhados, marcados e declarados em conformidade com a Directiva 94/9/CE quando utilizados em ou em contacto com áreas com atmosferas potencialmente explosivas (áreas classificadas). O anterior é também válido para sistemas/dispositivos de segurança que não estejam directamente em contacto com atmosferas potencialmente explosivas mas que sejam essenciais para o funcionamento em segurança do equipamento ou sistema de protecção ou que sejam condição para que não se forme uma atmosfera potencialmente explosiva.

A Directiva 94/9/CE foi transposta para o direito nacional pelo Decreto-lei n.º 112/96 de 5 de Agosto.

- Outras condições (dimensionamento, normas, etc)
  - EN 60079-0 Gases, vapores ou névoas
  - EN 61241-0 Poeiras combustíveis
  - EN 60079-10/ EN 61241-10 Classificação de áreas

- EN 60079-14/ EN 61241-14 Selecção e instalação de equipamento
- EN 60079-17/ EN 61241-17 Inspecção e manutenção de equipamento
- IP-15 Código de classificação de áreas para instalações nas quais são manuseados fluidos inflamáveis

## **5.8 - Classificação de áreas**

A classificação de áreas na Amorim Cork Composites, tem como finalidade definir as zonas que vão ser objecto de estudo, definindo assim as zonas com maior probabilidade de se formarem atmosferas explosivas, e conseqüentemente estudar as soluções a serem aplicadas nestas mesmas zonas, de modo a garantindo a segurança dos trabalhadores e das instalações industriais.

### **5.8.1 - Áreas classificadas**

O empregador deve assegurar que o equipamento de trabalho e todo o material de instalação seja adequado para a utilização em áreas perigosas. Neste contexto, importa ter em conta as possíveis condições do espaço envolvente em cada local de trabalho. E equipamento de trabalho a ser montado, instalado e utilizado de modo a que não possa provocar uma explosão.

Os locais de trabalho que foram objecto de estudo na Amorim Cork Composites, foram os seguintes:

- Aglomerados
- Granulados
- Juntas
- Armazém de Produtos Químicos
- Camadas de Poeira
- Armazenagem de cortiça
- Gás Natural
- Caldeira

### **5.8.2 - Resumo da classificação**

A tabela resume a classificação de zonas para a área ou máquinas descritas e determina os requisitos mínimos para o equipamento ou sistemas de protecção, tanto eléctrico como mecânico, a ser instalado nas áreas classificadas.

Tabela 5.11 – Classificação de zonas

Área-Sistema-Linha	Objecto	Class. poeiras	Class. gás	Equipamento	Classe temp.
Aglomeração de Blocos 1 - BL1 - Pavilhão 4	Prensa PRE09	Zona 21 + Zona 22		2 D + 3 D	T 225°C
	Ciclone CIC 057	Zona 20		1 D + 3 D	T 225°C
	Balança BAL115	Zona 20 + Zona 22		1 D	T 225°C
	Ciclones CIC166, CIC167, CIC168 e CIC169	Zona 20		1 D	T 225°C
	Silos	Zona 20 + Zona 21 + Zona 22		1 D + 3 D	T 225°C
Aglomeração de Blocos 2 e 3 - BL2/BL3 - Pavilhão 5	Prensas PRE10 e PRE30	Zona 21 + Zona 22		2 D + 3 D	T 225°C
	Ciclones CIC229 e CIC75	Zona 20 + Zona 22		1 D + 3 D	T 225°C
	Filtro de Mangas Amovível	Zona 20 + Zona 21 + Zona 22		1 D + 2 D + 3 D	T 225°C
	Descarga de Material para Sacos	Zona 22		3 D	T 225°C
	Filtros	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Ciclones (Piso Superior)	Zona 20		1 D	T 225°C
Aglomeração de Cilindros - Pavilhão 16	Silos	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Prensa	Zona 21 + Zona 22		2 D + 3 D	T 225°C
	Balanças BAL128 e BAL129	Zona 21		2 D	T 225°C
Silos Aglomeração de Cilindros	Ciclones	Zona 20		1 D	T 225°C
	Silos	Zona 20 + Zona 22		1 D + 3 D	T 225°C
Acabamentos Blocos Brancos - Pavilhão 7	Balanças	Zona 21 + Zona 22		2 D + 3 D	T 225°C
	Laminadoras blocos	Zona 20		1 D	T 225°C
	Baterias		Zona 1	2 G	T1
	Desengrossadora de blocos DEE002	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Serra SER016	Zona 20		1 D	T 225°C
	Separadores SEP010, SEP011, SEP024	Zona 20		1 D	T 225°C
	Eclusas ECL 026, ECL 259, ECL 235	Zona 22		3 D	T 225°C
	Filtros	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
Acabamentos Blocos Decorativos - Pavilhão 8	Laminadoras LAM005 E LAM006	Zona 20		1 D	T 225°C
	Máquina de aplicação de cola		Zona 1 + Zona 2	2 G + 3 G	T3
	Esquadrejadoras	Zona 20 + Zona 21 + Zona 22		1 D + 2 D + 3 D	T 225°C
	Ciclones CIC 263 e CIC 264	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Filtro FIL131	Zona 21 + Zona 22		1 D + 3 D	T 225°C
	Filtros FIL087 e FIL093	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
Pavilhão 9	Lixadoras LIX016, LIX005 e LIX008	Zona 20		1 D	T 225°C
	Linha de Trivets TPV07, TPV02, TPV01 e TPV05	Zona 20		1 D	T 225°C
	Filtros	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
Acabamentos Cilindros - Pavilhão 17	Aspiração	Zona 20		1 D	T 225°C
	Filtros	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
Granulados - Geral	Alimentadores e moinhos destroçadores	Zona 21		2 D	T 225°C
	Peneiros	Zona 20		1 D	T 225°C
	Vibradores	Zona 20 + Zona 21 + Zona 22		1 D + 2 D + 3 D	T 225°C
	Balanças	Zona 21		2 D	T 225°C
	Moinhos MFA	Zona 20		1 D	T 225°C
	Rotex	Zona 20 + Zona 22		1 D + 3 D	T 225°C
	Densimétricas	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Silos	Zona 20		1 D	T 225°C
	Ciclones	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Filtros	Zona 21 + Zona 22		2 D + 3 D	T 225°C
	Filtro de Mangas Amovível	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Descarga de Material para Sacos	Zona 22		3 D	T 225°C
	Tolvas	Zona 21		2 D	T 225°C
1ª Trituração	Silo de betão	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
3ª Trituração	Eclusa ECL230	Zona não perigosa			
4ª Trituração	Despedrador DSP001	Zona 20		1 D	T 225°C
	Filtro FIL108	Zona 20		1 D	T 225°C
Remoagem	Silos SIL86 e SIL101	Zona 20 + Zona 22		1 D + 3 D	T 225°C
Secagem, Ensacagem e	Máquinas de enchimento de big-bags EBB001, EBB002, EBB003	Zona 22		3 D	T 225°C

Enfardamento	Enchimento de sacos	Zona 22		3 D	T 225°C
	Prensas PRE039, PRE040, PRE005	Zona 20 + Zona 21 + Zona 22		1 D + 2 D + 3 D	T 225°C
	Descarga de sacos para secagem	Zona 22		3 D	T 225°C
	Ciclone CIC48 e Balança BAL006	Zona 20 + Zona 21 + Zona 22		1 D + 2 D + 3 D	T 225°C
JUNTAS	Ciclones	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Filtro FIL04	Zona 21 + Zona 22		2 D + 3 D	T 225°C
	Serras SER 05, SER 06, SER 07, SER 02	Zona 20		1 D	T 225°C
	Área da Colagem		Zona 0 + Zona 1 + Zona 2	1 G + 2 G + 3 G	
	Laminadoras LAM 20 e LAM 21	Zona 20		1 D	T 225°C
	Impressora IMP01		Zona não perigosa		
	Guilhotina GUI03		Zona não perigosa		
	Balancés	Zona 20		1 D	T 225°C
Armazém de Produtos Químicos	Estufas		Zona não perigosa		
	Bidão de Gasolina		Zona 1 + Zona 2	2 G + 3 G	T3
Camadas de Poeira	Armazenamento de Embalagens Fechadas de Substâncias Inflamáveis		Zona 2	3 G	
	Geral	Zona 22		3 D	T 225°C
Armazenagem de cortiça	Reciclados – Pavilhão 15 (ao lado da 4ª trituração)	Zona 22		3 D	T 225°C
	Matéria-prima (aparas) – Pavilhão 15 (ao lado da 3ª trituração)	Zona 22		3 D	T 225°C
	Matéria-prima (Aparas) - Pavilhão 12	Zona 22		3 D	T 225°C
	Matéria-prima (Aparas) - Pavilhão 01 (ao lado da pré-trituração)	Zona 22		3 D	T 225°C
	Granulado	Zona 21 + Zona 22		3 D	T 225°C
	Matéria-prima (Aparas) - Pavilhão 14	Zona 22		3 D	T 225°C
Gás Natural	PRM		Zona 1 + Zona 2	2 G + 3 G	T1
Caldeira	Silos	Zona 20 + Zona 21		1 D + 2 D	T 225°C
	Termofluido		Zona 2	3 G	T2

De maneira a compreender-se melhor a classificação geral, passamos a analisar o gráfico da Figura 5.10.

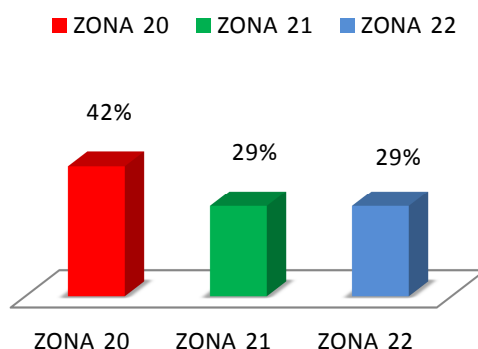


Figura 5.10 – Gráfico classificação geral - Classificação de zonas ATEX

Ao ser analisada a figura 5.10, podemos concluir que a Amorim Cork Composites, dispõe de inúmeras zonas classificadas como zona20 (área onde existe permanentemente ou durante

longos períodos de tempo, ou frequentemente, uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível), estando presente neste caso atmosferas explosivas perigosas.

Não sendo possível neste caso prevenir a formação de atmosferas explosivas perigosas, deve evitar-se a ignição dessas atmosferas. Esse objectivo pode ser atingido mediante a adopção de medidas de protecção destinadas a evitar a presença de fontes de ignição ou a reduzir a probabilidade da sua ocorrência. Para definir medidas de protecção eficazes, devem conhecer-se os diferentes tipos de fontes de ignição e o seu modo de acção. Avalia-se a probabilidade de estarem presentes em simultâneo e no mesmo local uma atmosfera explosiva perigosa e uma fonte de ignição, e a envergadura das medidas de protecção a adoptar é determinada em função dessa avaliação. Para tal, toma-se como base o modelo de classificação em zonas, a partir do qual se determinam as medidas de protecção específicas.

## 6 CASO PRÁTICO - REFINARIA DE SINES | GALP ENERGIA

### 6.1 - Caracterização da empresa

Neste capítulo apresenta-se uma breve caracterização da empresa, dando-se especial destaque à unidade fabril de Sines, onde foi desenvolvido o presente trabalho.

#### 6.1.1 – A Galp Energia

A Galp Energia, SGPS, S.A. foi constituída em 22 de Abril de 1999, em resultado da reestruturação do sector energético em Portugal, para operar no sector do petróleo e do gás natural. A Galp Energia agrupou a Petrogal – a empresa refinadora e principal distribuidora de produtos petrolíferos com capacidade para abastecer todo o mercado português - e a GDP – sociedade responsável pela importação, transporte e distribuição de gás natural em Portugal.



Figura 6.1 - Galp Energia (sede corporativa; Lisboa)

Actualmente é a principal empresa integrada de produtos petrolíferos e gás natural do país, com uma presença crescente em Espanha e uma actividade em desenvolvimento no sector da produção e de fornecimento de energia eléctrica e térmica.



É a única empresa refinadora em Portugal com a capacidade de refinação de 310 mil barris por dia, repartida pelas refinarias de Matosinhos e de Sines.

### 6.1.2 – A Refinaria de Sines

A refinaria de Sines foi inaugurada em Setembro de 1978, sendo uma das cinco refinarias europeias com capacidade para produzir gasolinas reformuladas. Pertence ao grupo Galp Energia e actualmente emprega mais de 500 colaboradores, sendo considerada uma das refinarias mais modernas da Europa.

Este complexo fabril dispõe de 27 unidades processuais para produzir gás, gasolinas, gasóleos, fuelóleos, betumes e enxofre e de uma capacidade de armazenagem de cerca de três milhões de metros cúbicos, dos quais 1,5 milhões de petróleo bruto e o restante de produtos intermédios e finais, incluindo gasolinas reformuladas para exportação (mercado norte americano).

A nível logístico, a refinaria de Sines dispõe de um pipeline multiproduto que estabelece a ligação entre Sines e Aveiras, tendo actualmente uma capacidade de transporte de 4 milhões de toneladas de produtos por ano, sendo ainda pioneira, a nível Europeu, no transporte de combustíveis líquidos e gases petrolíferos liquefeitos.



Figura 6.2 - Refinaria de Sines

Devido à sua localização, existem ainda infra-estruturas para recepção e despacho de matérias-primas e produtos acabados por via marítima, bem como sistemas de expedição por

ferrovia e rodovia. Actualmente a refinaria está a passar por um projecto de conversão, com vista à modernização das infra-estruturas de refinação, sendo considerado o maior projecto industrial de sempre em Portugal. Este projecto irá permitir a maximização da produção anual de gasóleo, adaptando a produção à crescente procura deste produto no mercado ibérico, assim como uma diminuição na necessidade de importação de gasóleo, levando a uma redução de 6% na factura energética de Portugal a partir de 2011.

## **6.2 – Refinaria de Sines - implementação da directiva ATEX**

A Refinaria de Sines, pela altura da publicação do DL 236/2003 e mesmo antes da publicação da respectiva directiva em 1999, seguia, muito em virtude da especificidade da sua área de laboração, um conjunto de normas e standards (Basic Engennering Specifications Standarts, IEC 60079-10, IEC 60079-14, API RP-505, etc) que abrangiam o conteúdo versado, ainda que de uma forma puramente técnica e sem a mesma estrutura, pelo que a chegada do DL 236/2003 foi encarado com naturalidade e como uma ferramenta sistematizadora de algo que tacitamente já era realizado, conferindo-lhe maiormente um carácter de obrigatoriedade de cumprimento legal.

A implementação da Directiva ATEX na Refinaria de Sines - Galp Energia ao longo destes últimos 10 anos deu-se de forma natural, havendo progressos no desenvolvimento, coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX), sendo a melhoria contínua um paradigma com o qual se identifica de sobremaneira e como tal tem registado progressos no desenvolvimento, coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX).

A Refinaria de Sines - Galp Energia tem como documento de orientação o “Manual Protecção Contra Explosões – Manual ATEX” que surge como consequência da aplicação do Decreto-lei Nº 236/2003, tem sido o fio condutor/agregador desde então.

Para a elaboração do “Manual Protecção Contra Explosões – Manual ATEX” a Refinaria de Sines recorreu ao serviço de terceiros, tendo sido supervisionado e aprovado pelo departamento de Segurança da Refinaria, quanto ao restante trabalho no desenvolvimento da implementação do DL 236/2003 foi realizado internamente.

Sendo essencial para o cumprimento do DL 236/2003, aquisição de equipamentos para ATEX, não tem apresentado problemas de maior, geralmente estes equipamentos apresentam um prazo de entrega mais dilatado, o que não invalida a sua aquisição atempadamente de acordo com requisitos pretendidos.

As dificuldades no cumprimento da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003) na Refinaria de Sines, prendem-se com questões do foro logístico, que não comprometem o cumprimento da referida directiva.

### 6.3 – Materiais e métodos

#### 6.3.1 – Materiais

No sentido de se atingirem os objectivos propostos – metodologia de análise da possibilidade de existência de atmosferas explosivas nas empresas, foi elaborado um procedimento através de um conjunto de registos conforme demonstrado na Tabela 6.1, permitindo efectuar os cálculos para a determinação da classificação e zonamento das áreas perigosas.

Tabela 6.1 – Registos desenvolvido no decorrer do trabalho

<i>Registo</i>	<i>Definição do registo</i>
1	Lista de materiais inflamáveis e suas características (líquidos e gases)
2	Lista de materiais inflamáveis e suas características (poeiras combustíveis)
3	Quantidades de materiais inflamáveis existentes
4	Lista de identificação das fontes de libertação
5	Classificação e zonamento das áreas perigosas
6	Resumo das zonas classificadas
7	Matriz de avaliação de riscos de atmosferas explosivas

De seguida, procede-se à descrição de cada um dos registos.

- **Registo n.º 1** - Lista de materiais inflamáveis e suas características (líquidos e gases)

A primeira ferramenta desenvolvida para se proceder a uma avaliação de atmosferas explosivas nas empresas foi o Registo 1. A Figura 6.3 exemplifica o tipo de registo em questão.

Material Inflamável		Ponto de Inflamação em [°C]	LIE		Volatilidade				Outras Informações		
Nome	Estado Físico		[Kg/m <sup>3</sup> ]	[% vol]	Pressão a Vapor a 20 °C Kpa [°C]	Ponto de Ebulição [°C]	Densidade Relativa [g/cm <sup>3</sup> ]	Temperatura de autoinflamação [°C]	Classe de Temperatura	Peso molecular [g]	Nº CAS

Figura 6.3 – Registo 1 – Lista de materiais inflamáveis e suas características (líquidos e gases)

Este registo constitui uma adaptação do registo apresentado no anexo C da norma IEC 60079.

Mais detalhadamente, na Figura 6.4 descrevem-se o registo e os seus campos.

Material Inflamável		Ponto de Inflamação em [°C]	LIE		Volatilidade				Outras Informações		
Nome	Estado Físico		[Kg/m <sup>3</sup> ]	[% vol]	Pressão a Vapor a 20 °C Kpa [°C]	Ponto de Ebulição [°C]	Densidade Relativa [g/cm <sup>3</sup> ]	Temperatura de autoinflamação [°C]	Classe de Temperatura	Peso molecular [g]	Nº CAS
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)

Figura 6.4 – Identificação dos campos do registo 1

Por sua vez, o significado de cada campo é referido na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Memória descritiva do registo 1

	item	Descritivo	Campo
Material Inflamável	Nome	Regista-se o nome do material inflamável em estudo	a)
	Estado Físico	Regista-se o estado físico do material inflamável: líquido ou gasoso	b)
LIE	Ponto de Inflamação em [°C]	Regista-se o ponto de inflamação do material inflamável.	c)
	[Kg/m <sup>3</sup> ]	Regista-se o valor do Limite inferior de explosividade em Kg/m <sup>3</sup>	d)
Volatilidade	[% vol]	Regista-se o valor do Limite inferior de explosividade em % volume.	e)
	Pressão a Vapor a 20 °C Kpa [°C]	Regista-se a volatilidade do material inflamável mais precisamente a pressão a vapor a 20°C	f)
	Ponto de Ebulição [°C]	Regista-se o ponto de ebulição do material inflamável.	g)
	Densidade Relativa [g/cm <sup>3</sup> ]	Regista-se a densidade relativa do material inflamável	h)
	Temperatura de autoinflamação [°C]	Regista-se a temperatura de auto-inflamação do material inflamável	i)
Outras Informações	Classe de Temperatura	Regista-se a classe de temperatura do material inflamável. Esta classificação é dada de acordo com a respectiva temperatura de ignição	j)
	Peso molecular [g]	Neste campo regista-se o peso molecular do material inflamável.	k)
	Nº CAS	Regista-se o N.º CAS da poeira. O N.º CAS é um número atribuído a uma substância ou mistura pelo serviço de resumos da American Chemical Society. Este proporciona um modo de identificação único, que é necessário porque uma substância pode ter vários nomes.	l)

De um modo geral, as informações para o preenchimento deste registo, constam das fichas de dados de segurança dos produtos químicos.

- **Registo n.º 2** - Lista de materiais inflamáveis e suas características (poeiras combustíveis)

O registo 1 é aplicado a materiais inflamáveis tanto no estado físico líquido como no estado físico gasoso.

A Figura 6.5 ilustra um exemplo do tipo de registo em questão: registo 2.

Nome	Camada de Poeira		Nuvem de poeira								
	Temperatura mínima de ignição da camada de 5 mm [°C]	Temperatura mínima de ignição da camada de 15 mm [°C]	LIE (% vol)	Temperatura mínima de ignição (° C)	Energia Mínima de ignição (mJ)	Pressão máxima de explosão (bar)	Razão máxima do aumento de pressão (bar/s)	Constante de poeiras Kst (bar.m/s)	Classe de explosão de poeiras	Calor combustão de Incêndio (MJ/kg)	Nº CAS

Figura 6.5 – Registo 2 - Lista de materiais inflamáveis e suas características (poeiras combustíveis)

Este registo tem por base a norma IEC 61241, citada no Estado de Arte. Mais pormenorizadamente, apresentam-se de seguida, o registo e os seus campos na figura 6.6.

Nome	Camada de Poeira		Nuvem de poeira								
	Temperatura mínima de ignição da camada de 5 mm [°C]	Temperatura mínima de ignição da camada de 15 mm [°C]	LIE (% vol)	Temperatura mínima de ignição (° C)	Energia Mínima de ignição (mJ)	Pressão máxima de explosão (bar)	Razão máxima do aumento de pressão (bar/s)	Constante de poeiras Kst (bar.m/s)	Classe de explosão de poeiras	Calor combustão de Incêndio (MJ/kg)	Nº CAS
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)

Figura 6.6 – Identificação dos campos do registo 2

À semelhança do anterior, o significado de cada campo encontra-se descrito na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Memória descritiva do registo 2

	item	Descritivo	Campo
Poeira Inflam.	Nome	Regista-se o nome da poeira combustível	a)
	Temperatura mínima de Ignição da camada de 5 mm [°C]	Regista-se a temperatura mínima de ignição para uma camada de poeira com 5 mm de espessura.	b)
Camada de Poeira	Temperatura mínima de ignição da camada de 15 mm [°C]	Regista-se a temperatura mínima de ignição para uma camada de poeira com 15 mm de espessura.	c)
	LIE (% vol)	Regista-se o valor do limite inferior de explosividade que a poeira combustível apresenta na forma de nuvem.	d)
Nuvem de poeira	Temperatura mínima de ignição (° C)	Regista-se a temperatura mínima de ignição que a poeira combustível apresenta na forma de nuvem.	e)
	Energia Mínima de ignição (mJ)	Regista-se a energia mínima de ignição da poeira combustível. Esta é a energia mínima necessária para inflamar uma nuvem de poeira.	f)
	Pressão máxima de explosão (bar)	Regista-se a pressão máxima de explosão que a poeira combustível apresenta em forma de nuvem.	g)
	Razão máxima do aumento de pressão (bar/s)	Regista-se a razão máxima do aumento de pressão que a poeira combustível apresenta em forma de nuvem.	h)
	Constante de poeiras Kst (bar.m/s)	Regista-se a constante de poeiras kst da poeira combustível em questão. A kst descreve o comportamento da explosão de uma poeira combustível em circuito fechado.	i)
	Classe de explosão de poeiras	Regista-se a classe de explosão que a poeira combustível apresenta.	j)
	Calor combustão de Incêndio (MJ/kg)	Regista-se o calor de combustão de incêndio que a poeira combustível apresenta.	k)
	N° CAS	Regista-se o N.º CAS da poeira. O N.º CAS é um número atribuído a uma substância ou mistura pelo serviço de resumos da American Chemical Society. Este proporciona um modo de identificação único, que é necessário porque uma substância pode ter vários nomes.	l)

Todos estes campos são obtidos através da ficha de dados de segurança que a poeira combustível deve ter.

– **Registo n.º 3** - Lista de quantidades existentes por local

A terceira ferramenta desenvolvida foi o registo 3, o qual tem por base a análise das quantidades de materiais inflamáveis manuseados ou armazenados e em que locais. Do mesmo modo, é seguidamente apresentado na Figura 6.7 um exemplo deste tipo de registo.

Local	Material Inflamável	Quantidades Existentes

Figura 6.7 – Registo 3 - Lista de quantidades existentes por local

A Figura 6.8 ilustra os diferentes campos do registo.

Local	Material Inflamável	Quantidades Existentes
a)	b)	c)

Figura 6.8 – Identificação dos campos do registo 3

Por sua vez, cada campo é descrito na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Memória descritiva do registo 3

item	Descritivo	Campo
Local	Regista-se o local onde se manuseia ou se armazena o material inflamável.	a)
Material Inflamável	Regista-se o nome do material inflamável em questão	b)
Quantidade Existente	Regista-se as quantidades existentes do material inflamável.	c)

– **Registo n.º 4** - Lista de identificação de fontes de libertação

A quarta ferramenta desenvolvida para a avaliação de atmosferas explosivas numa empresa é o registo 4.

Este registo, tal como o registo 1 e 2, constitui uma adaptação do registo apresentado no anexo C da norma IEC 60079. O registo e os seus campos constam da Figura 6.9.

Designação	Fontes de Libertação		Poeiras		Ventilação		
	Descrição	Grau de Libertação	Nome	Estado	Tipo	Grau	Disponibilidade

Figura 6.9 – Registo 4 - Lista de identificação de fontes de libertação

De maneira a compreender-se cada campo constituinte do registo, apresenta-se a Figura 6.10.

Designação	Fontes de Libertação		Poeiras		Ventilação		
	Descrição	Grau de Libertação	Nome	Estado	Tipo	Grau	Disponibilidade
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)

Figura 6.10 – Registo 4 - Lista de identificação de fontes de libertação

A identificação de cada campo consta da memória descritiva da Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Memória descritiva do registo 4

	item	Descritivo	Campo
Fontes de Libertação	Designação	Regista-se a descrição da fonte de libertação do material inflamável. A fonte de libertação é todo o local que esteja a libertar a substância inflamável.	a)
	Descrição	Regista-se o especificamente o local onde se encontra a fonte.	b)
	Grau de Libertação	Regista-se qual o grau de libertação da fonte em questão. Os diferentes tipos de graus de libertação poderão ser: contínuo, primário ou secundário. A descrição de cada um dos graus de libertação é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	c)
Poeiras	Nome	Regista-se o nome do material inflamável em questão.	d)
	Estado	Regista-se o estado físico do material inflamável: líquido ou gasoso	e)
Ventilação	Tipo	Regista-se o tipo de ventilação existente no local onde está presente a fonte de ignição. Os diferentes tipos de ventilação poderão ser: natural ou artificial. A descrição de cada um dos tipos de ventilação é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	f)
	Grau	Regista-se o grau de ventilação existente no local onde está presente a fonte de ignição. Os diferentes tipos de graus de ventilação poderão ser: alto, médio ou baixo. A descrição de cada um dos graus de libertação é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	g)
	Disponibilidade	Regista-se a disponibilidade da ventilação para aquela fonte de libertação. A disponibilidade pode ser boa, satisfatória ou pobre. A descrição de cada um dos tipos de disponibilidade é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	h)

– **Registo n.º 5** - Classificação e zonamento das áreas perigosas

A quinta ferramenta desenvolvida para a avaliação das atmosferas explosivas em empresas. Este registo ajuda a classificar e realizar o zonamento das áreas perigosas. Este registo, representado na Figura 6.11, encontra-se em formato de Excel permitindo realizar cálculos, conjugando as equações e definições que foram apresentadas nas normas.

Fontes de libertação		Condições em que pode formar ATEX	Substancia Libertada	Limite inferior de explosividade	Peso molecular	LIE <sub>m</sub>	Grau de libertação da substância	Factor de Segurança	Taxa de Libertação	Temperatura ambiente	
Designação	Local/Fonte			LIE % (V/V)	PM [kg/m <sup>3</sup> ]					[Kg/m <sup>3</sup> ]	k

Caudal mínimo de ventilação.	Volume a ventilar V <sub>0</sub>	nº trocas de ar	Volume hipotético	Concentração inicial (% vol)	Tempo de persistência		Grau de Ventilação	Tipo de Zona	Dimensão de zonas	
(dV <sub>0</sub> /dt) [m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]	C <sub>0</sub> [s <sup>-1</sup> ]	V <sub>z</sub> [m <sup>3</sup> ]	X <sub>0</sub> [%]	t (s)	t (min)			Raio (m)	Altura (m)

Figura 6.11 – Registo 5 - Classificação e zonamento de áreas perigosas

De forma a compreender-se cada campo constituinte do registo demarcaram-se três partes, como evidenciado na Figura 6.12.

Fontes de libertação		Condições em que pode formar ATEX	Substancia Libertada	Limite inferior de explosividade	Peso molecular	LIE <sub>m</sub>	Grau de libertação da substância	Factor de Segurança	Taxa de Libertação	Temperatura ambiente	
Designação	Local/Fonte			LIE % (V/V)	PM [kg/m <sup>3</sup> ]					[Kg/m <sup>3</sup> ]	k
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)		

Caudal mínimo de ventilação.	Volume a ventilar V <sub>0</sub>	nº trocas de ar	Volume hipotético	Concentração inicial (% vol)	Tempo de persistência		Grau de Ventilação	Tipo de Zona	Dimensão de zonas	
(dV <sub>0</sub> /dt) [m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]	C <sub>0</sub> [s <sup>-1</sup> ]	V <sub>z</sub> [m <sup>3</sup> ]	X <sub>0</sub> [%]	t (s)	t (min)			Raio (m)	Altura (m)
k)	l)	m)	n)	o)	p)		q)	r)	s)	

Figura 6.12 – Registo 5 - Identificação dos campos do registo 5

A identificação de cada campo é apresentada na memória descritiva incluída na Tabela 6.6.

Neste campo regista-se o limite inferior de explosividade em % de volume. Este dado é obtido através da informação proveniente do registo 1.



Tabela 6.6 – Memória descritiva do registo 5

		item	Descritivo	Campo
Fontes de libertação	Designação		Regista-se a descrição da fonte de libertação do material inflamável. A fonte de libertação é todo o local que esteja a libertar a substância inflamável.	a)
	Local/Fonte		Regista-se o especificamente o local onde se encontra a fonte.	b)
Condições em que pode formar ATEX			Neste campo regista-se em que condição se pode formar a atmosfera explosiva. Devemos descrever se a atmosfera será criada no processo normal de produção ou devido a paragens inesperadas.	c)
Substancia Libertada			Neste campo regista-se o nome da substância inflamável que é libertada	d)
Limite inferior de explosividade	LIE % (V/V)		Neste campo regista-se o limite inferior de explosividade em % de volume. Este dado é obtido através da informação proveniente do registo 1.	e)
Peso molecular	PM [kg/m3]		Neste campo regista-se o peso molecular em kg/kmol da substância em questão. Este dado é obtido através da informação proveniente do registo 1.	f)
LIEm	[Kg/m3]			
Grau de libertação da substância			Regista-se qual o grau de libertação da fonte em questão. Os diferentes tipos de graus de libertação poderão ser: contínuo, primário ou secundário. A descrição de cada um dos graus de libertação é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	g)
Factor de Segurança	k		Regista-se o factor de segurança (k) a adoptar tendo em conta o grau de libertação que foi definido no campo anterior. O factor de segurança poderá ser 0,25 em situações com graus de libertação contínuos ou primários e 0,5 em situações com graus de libertação secundários.	h)
Taxa de Libertação	(dG/dt)max [kg/s]		Regista-se a taxa de libertação que determinada fonte apresenta. Este valor deverá ser obtido através de estimativas dadas pelos responsáveis das empresas. Estes deverão ter conhecimento dos consumos efectuados nos locais.	i)
Temperatura ambiente	Ta [°C]		Regista-se a temperatura ambiente que se encontra no local da fonte de libertação e onde se irá formar a atmosfera explosiva. Esse valor deverá ser apresentado tanto em °C como em K.	j)
	Ta [k]			
Caudal mínimo de ventilação.	(dV0/dt) [m3/s]		Regista-se o caudal de ventilação efectivo para a zona em estudo. Este valor é proveniente de dados apresentados pelos equipamentos de extracção, no caso de ventilação artificial ou, para o caso de ambientes abertos atribuir o valor de 100 m3/s.	k)
Volume a ventilar V0	[m3]		Regista-se o valor do volume da zona com a atmosfera explosiva a ventilar.	l)
nº trocas de ar	C0 [s-1]		Regista-se o n.º trocas de ar que ocorrem na zona. Este valor é obtido através da equação de C apresentada na Fig. 2.3.	m)
Volume hipotético	Vz [m3]		Regista-se o valor do Volume hipotético da zona em estudo. Este volume é obtido através da equação de Vz apresentada na Fig.6 e Fig.7, dependendo do tipo de situação.	n)
Concentração inicial (%vol)	X0 [%]		Regista-se a concentração inicial (X0) que a substância inflamável apresenta.	o)
Tempo de persistência	t (s)		Regista-se o tempo de persistência da substância na zona em estudo. O tempo de persistência (t) é o tempo que uma substância demora a atingir valores considerados baixos para uma atmosfera ser considerada explosiva.	p)
	t (min)			
Grau de Ventilação			Regista-se o grau de ventilação existente no local onde está presente a fonte de ignição. Os diferentes tipos de graus de ventilação poderão ser: alto, médio ou baixo. A descrição de cada um dos graus de libertação é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	q)
Tipo de Zona			Regista-se a classificação da zona perigosa. Esta classificação será conforme a avaliação efectuada ao longo do trabalho logo, poderá ser: zona 0, zona 1 ou zona 2 como zona 20, zona 21 ou zona 22.	r)
Dimensão de zonas	Raio (m)		Regista-se o valor que a zona classificada irá atingir. Este valor será apresentado em metros e terá um valor tanto para a horizontal como para a vertical.	s)
	t (min)			

### – Registo n.º 6 - Resumo das zonas classificadas

A sexta ferramenta desenvolvida foi o registo 6. Neste registo serão colocadas todas as informações importantes numa avaliação de risco. Basicamente trata-se de um registo resumo como ilustrado na Figura 6.13.

Fontes de Libertação			Material Inflamável		Ventilação			Área Perigosa		
Local	Descrição	Grau de Libertação	Nome	Estado	Tipo	Grau	Disponibilidade	Tipo de Zona	Extensão da Zona	
									Vertical	Horizontal

Figura 6.13 – Registo 6 - Resumo das zonas classificadas

De maneira a compreender-se cada campo constituinte do registo, apresenta-se a Figura 6.14.

Fontes de Libertação			Material Inflamável		Ventilação			Área Perigosa		
Local	Descrição	Grau de Libertação	Nome	Estado	Tipo	Grau	Disponibilidade	Tipo de Zona	Extensão da Zona	
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)		h)	Vertical	Horizontal

Figura 6.14 – Identificação dos campos do registo 6

De seguida, na Tabela 6.7, é descrito cada campo deste registo.

Tabela 6.7 – Memória descritiva do registo 6

	item	Descritivo	Campo
Fontes de Libertação	Local	Regista-se o local onde se encontra a fonte de libertação.	a)
	Descrição	Regista-se a descrição da fonte de libertação do material inflamável. A fonte de Libertação é todo o local que esteja a libertar a substância inflamável.	b)
	Grau de Libertação	Regista-se qual o grau de libertação da fonte em questão. Os diferentes tipos de graus de libertação poderão ser: contínuo, primário ou secundário. A descrição de cada um dos graus de libertação é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	c)
Material Inflamável	Nome	Regista-se o nome do material inflamável em estudo. Regista-se o estado físico do material inflamável: líquido ou gasoso.	d)
	Estado		
Ventilação	Tipo	Regista-se o tipo de ventilação existente no local onde está presente a fonte de ignição. Os diferentes tipos de ventilação poderão ser: natural ou artificial. A descrição de cada um dos tipos de ventilação é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	e)
	Grau	Regista-se o grau de ventilação existente no local onde está presente a fonte de ignição. Os diferentes tipos de graus de ventilação poderão ser: alto, médio ou baixo. A descrição de cada um dos graus de libertação é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	f)
	Disponibilidade	Regista-se a disponibilidade da ventilação para aquela fonte de libertação. A disponibilidade pode ser boa, satisfatória ou pobre. A descrição de cada um dos tipos de disponibilidade é apresentada na norma IEC 60079-10, descrita no capítulo do Estado de Arte.	g)
Área Perigosa	Tipo de Zona		h)
	Extensão da Zona	Vertical	Regista-se o tamanho que a zona perigosa irá ter. O tamanho da zona apresentará um valor vertical e um horizontal, ambos em metros.
		Horizontal	

– **Registo n.º 7** - Matriz de avaliação de riscos de atmosferas explosivas

Por fim, a última ferramenta construída foi o registo 7. Este registo, apresentado na Figura 6.15, será a matriz da avaliação de riscos a adoptar no estudo de atmosferas explosivas numa empresa.

N.º	Secção	Área	Localização	Produto libertado	Condição em que se forma ATEX	Classificação da Zona	PFIG	PATEX	Gravidade	Nível de Risco	Medida de controlo

Figura 6.15 – Registo 7 - Matriz da avaliação de riscos

A Figura 6.16 permite uma melhor visualização dos campos constituintes deste registo.

N.º	Secção	Área	Localização	Produto libertado	Condição em que se forma ATEX	Classificação da Zona	PFIG	PATEX	Gravidade	Nível de Risco	Medida de controlo
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)

Figura 6.16 – Identificação dos campos do registo 7

De seguida, na Tabela 6.8, descreve-se cada campo deste registo.

Tabela 6.8 – Memória descritiva do registo 7

<i>item</i>	<i>Descritivo</i>	<i>Campo</i>
N.º	Regista-se o n.º sequencial do risco a ser avaliado.	a)
Secção	Regista-se a Secção da empresa que estamos a avaliar	b)
Área	Regista-se a Área da Secção da empresa que se está a avaliar	c)
Localização	Regista-se em que local da secção se está a avaliar. Deve-se ser específico na descrição de maneira a saber-se onde se encontra a fonte de libertação.	d)
Produto libertado	Regista-se o produto que se encontra a ser libertado e que vai originar um possível risco de uma atmosfera ATEX.	e)
Condição em que se forma ATEX	Regista-se em que condições se formam uma atmosfera explosiva. Esta pode se formar no processo normal de trabalho como em paragens inesperadas ou avarias.	f)
Classificação da Zona	Regista-se a classificação da zona perigosa. Esta classificação será conforme a avaliação efectuada ao longo do trabalho logo, poderá ser: zona 0, zona 1 ou zona 2 como zona 20, zona 21 ou zona 22.	g)
PFIG	Regista-se a Probabilidade da existência de fontes de ignição na zona classificada. A probabilidade poderá ser: A, B, C ou D conforme a existência ou não de Fontes de ignição. A descrição de cada um destes tipos de probabilidade, encontra-se descrito nos métodos utilizados.	h)
PATEX	Regista-se a Probabilidade da materialização de risco de atmosfera explosiva. A probabilidade poderá ser: desprezável, muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. As definições encontram-se descritas à frente nos métodos utilizados.	i)
Gravidade	Regista-se a gravidade das consequências para o risco em questão. Esta gravidade pode ser dividida em 4 níveis: catastrófica, maior, menor e negligenciável. O descritivo de cada nível é apresentado à frente nos métodos utilizados.	j)
Nível de Risco	Regista-se o nível de risco que existirá para aquela situação. O nível de risco é o nível de intervenção necessário ter para cada situação e é dado através da conjugação dos campos anteriores i) e j). O nível de risco poderá ser: Risco leve, Risco médio, Risco alto e Risco muito alto.	k)
Medida de controlo	Registam-se as medidas de controlo a serem adoptadas ou implementadas de maneira a reduzir o nível de risco.	k)

A avaliação de riscos apresentada foi desenvolvida tendo por referência os dois normativos técnicos descritos anteriormente: NTP 836 e Metodologia RASE.

### 6.3.2 – Métodos

A vertente prática deste trabalho foi realizada com base em dados facultados pela Área da Segurança (AQS-S), da Refinaria de Sines.

Devido a enorme dimensão a Refinaria de Sines, resolveu-se optar por estudar unicamente uma parte da unidade industrial, sendo objecto de estudo o sector 2, conforme podemos ver na figura 6.17.

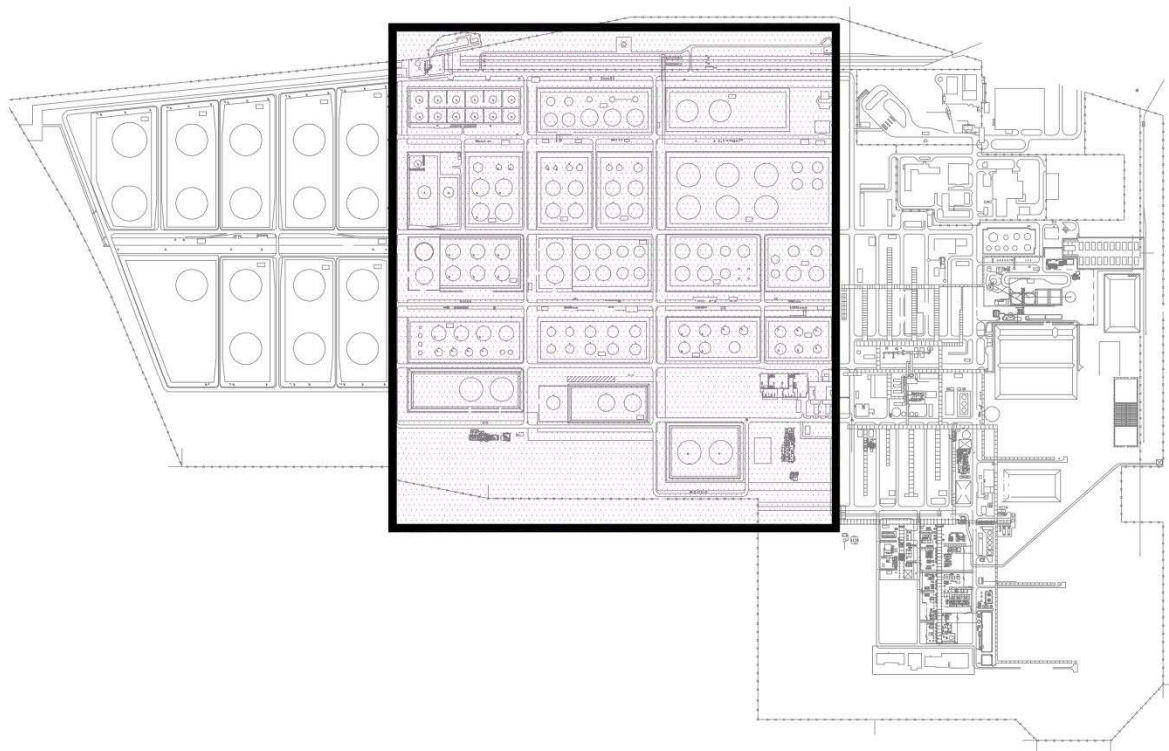


Figura 6.17 – Sector 2 – Classificação de zonas ATEX

Os métodos adoptados incluem um procedimento de trabalho que comporta uma sequência de registos e uma avaliação de riscos.

#### 6.3.2.1 – Procedimento de trabalho

Este estudo foi realizado tendo por base a análise da metodologia já implementada na Refinaria de Sines ao nível da implementação da directiva ATEX, análise da documentação já gerada internamente pela Área da Segurança (AQS-S) da Refinaria de Sines, registos efectuados aquando a visita à empresa e resposta ao questionário colocado e respondido pela Área da Segurança.

O objectivo deste trabalho passa pela discussão de um método de classificação de zonas ATEX em que os resultados sejam similares aos da classificação já elaborada pela Área da Segurança (AQS-S) da Refinaria de Sines. O procedimento do trabalho adoptado percorreu várias etapas.

Na primeira etapa, foi analisada a empresa e os seus processos produtivos. Esta análise consistiu num simples processo de conhecimento “in loco” das diferentes etapas dos processos produtivos.

Na segunda etapa, foram registados no registo 1 os produtos inflamáveis existentes na empresa em estudo ao nível do sector em estudo (sector 2), independentemente das quantidades existentes. As características dos respectivos produtos foram também alvo de análise no registo 1. Essas características têm por base as fichas de dados de segurança dos produtos em questão.

Para a realização deste passo, solicitaram-se as fichas de dados de segurança aos responsáveis das empresas ou interlocutores designados. Em caso de ausência dessas fichas, tentou-se obter o máximo de informações existentes sobre o produto químico (ex: rótulo, pesquisa de internet, ...).

Para além dos produtos químicos inflamáveis, deve-se ter ainda em conta a possibilidade de existência de poeiras combustíveis (exemplo: enxofre). Em caso afirmativo, foram registadas no registo 2 todas as informações existentes sobre a poeira combustível. Em caso de ausência de informação através da ficha de dados de segurança, procurou-se obter o máximo de informações através de pesquisa por meios bibliográficos.

Após o preenchimento dos Registos 1 e 2, pode-se avançar para a terceira etapa. Nesta, analisaram-se as quantidades existentes nos diversos locais onde são manuseados/armazenados os produtos químicos inflamáveis pois estes serão os possíveis locais onde poderá ocorrer uma atmosfera explosiva. As quantidades dos produtos químicos inflamáveis foram objecto do registo 3.

Após o preenchimento do Registo 3, analisaram-se as quantidades de maneira a interpretar quais zonas que apresentavam quantidades mínimas para uma possível criação de uma atmosfera explosiva. Para isso, teve-se em conta a informação prestada pela IP 15 sobre as quantidades mínimas necessárias para uma formação de uma atmosfera explosiva.

Na quarta etapa, começou-se por preencher os cabeçalhos do Registo 4 com o nome do sector/área e instalação que manuseiam e/ou armazenam as quantidades superiores aos valores estipulados pela IP15. Depois analisaram-se todos sectores que foram registados no cabeçalho, de forma a avaliar todas as possíveis fontes de libertação existentes.

Após definição das fontes de libertação, foi definido o tipo de grau de libertação presente. A definição dos diferentes graus teve por base o estipulado na norma IEC 60079. De seguida registou-se o material inflamável libertado pela fonte em questão e o seu estado físico (líquido ou gasoso).

Após o preenchimento do campo relativo ao material inflamável, procedeu-se à descrição das características da ventilação existente para determinada fonte de libertação. As características da ventilação em causa são o tipo, o grau e a disponibilidade. Relativamente ao tipo, este deve ser caracterizado por natural ou artificial, tendo em conta o estipulado na norma IEC 60079, descrita anteriormente. No grau de ventilação terá de ser caracterizado como alta, média ou baixa, tendo em conta o estabelecido na norma IEC 60079 descrita anteriormente. Por fim, no que respeita à ventilação descreveu-se a disponibilidade desta que deverá ser boa, satisfatória ou fraca, tendo em conta o mencionado na norma IEC 60079.

Após o preenchimento do Registo 4, iniciou-se a quinta etapa. Nesta etapa, determinaram-se a classificação e o zonamento das áreas perigosas. Para isso, foi necessário recorrer-se ao Registo 5.

Este registo encontra-se em suporte informático (Office excell), de modo a permitir a realização dos cálculos necessários para a obtenção do zonamento das áreas perigosas.

No registo 5, o primeiro campo a ser preenchido é respeitante às Fontes de libertação existentes e já pesquisadas no registo anterior. As fontes de libertação devem encontrar-se descritas o mais detalhadamente possível. De seguida, indica-se em que condições se podem formar uma atmosfera explosiva, ou seja, se a formação ocorre num processo normal de funcionamento ou aquando uma paragem inesperada.

O passo seguinte será relacionado com a substância que se encontra a ser libertada, devendo esta ser registada de maneira a saber-se qual substância se está a analisar. De seguida, existe um campo relacionado com o Limite inferior de explosividade. O limite de explosividade pode ser apresentado em percentagem de volume ou em  $\text{Kg/m}^3$ .

Caso apenas seja conhecido o valor em percentagem de volume pode transformar-se o valor em  $\text{Kg/m}^3$  multiplicando pela sua massa molecular. Estes valores podem ser obtidos através das fichas de dados de segurança ou através de pesquisa.

Após a determinação do L.I.E., regista-se o grau de libertação da substância que a fonte irá possuir. O grau de libertação poderá ser contínuo, primário ou secundário, conforme a definição apresentada anteriormente na norma IEC 60079-10. Uma vez preenchido o grau de libertação, a folha de Excel indicará o factor de segurança que se deverá ter em conta. O factor de segurança deverá ter valores de 0,25 ou 0,5, conforme a definição do grau de libertação. A descrição encontra-se detalhada na norma IEC 60079-10.

O campo seguinte de preenchimento respeita à taxa de libertação. Esta taxa retrata a quantidade de produto libertado no local em análise. A informação do valor deverá ser fornecida pelos responsáveis da empresa em estudo. No seguimento do registo, anota-se a temperatura ambiente a que se encontra a substância libertada pela fonte. A temperatura que poderá ser registada tanto em  $^{\circ}\text{C}$  como em K, embora, caso seja colocada em  $^{\circ}\text{C}$ , o registo converta o valor da temperatura para valores em K. Para isso, realizará a operação de adição do valor de 273 ao valor colocado em  $^{\circ}\text{C}$ .

Em seguida surgirá o campo respeitante ao caudal mínimo de ventilação. Este campo é preenchido automaticamente pelo registo. O valor será calculado através da equação de determinação do  $(dV/dt)_{\text{min}}$  apresentada na Fig. 2.1

Após a obtenção do valor respeitante ao caudal mínimo de ventilação, será necessário proceder à definição do factor de correcção (f) para a situação em questão. Este factor, tal como apresentado anteriormente na norma CEI 31-35, poderá assumir um valor inteiro numa escala de 1 a 5, tendo em conta o tipo de ventilação e a existência de obstáculos à circulação desta.

O campo seguinte a ser preenchido no registo, será o caudal de ventilação efectivo. Este caudal será fornecido pelos dados dos equipamentos de extracção existentes no local. O passo seguinte consiste em determinar o volume a ventilar. Esse volume será obtido tendo em conta a área em que existe a possibilidade de formação de atmosfera explosiva.

De seguida, surgem dois campos que serão preenchidos automaticamente pelo registo. O primeiro – n.º trocas de ar – é calculado através da equação para determinar C, apresentada na

Fig 2.2. O segundo – volume hipotético – é calculado através da equação para determinar  $V_z$ , apresentada na Fig. 2.3 e 2.4.

A concentração inicial refere-se à substância inflamável e obtém-se tendo em conta as informações prestadas pelos interlocutores das empresas em estudo e nas fichas de dados de segurança.

O campo relativo aos tempos de persistência é obtido através de cálculos automáticos realizados pelo registo. O registo, através das equações apresentadas na Fig. 2.5 realiza os cálculos e apresenta os valores em segundos e em minutos.

O Grau de ventilação é calculado automaticamente pelo registo. O resultado será proveniente dos cálculos efectuados tendo em conta as equações apresentadas no Estado de Arte e poderá ser: alto, médio ou baixo. Conhecendo o grau e a disponibilidade da ventilação assim como o grau de libertação, consulta-se a tabela 2.16, apresentada na norma IEC 60079-10 e regista-se o tipo de zona aí indicada.

Os últimos campos a serem preenchidos são relativos às dimensões das áreas. De maneira a obter-se uma aproximação de área perigosa deve caracterizar-se a área como um cilindro. Logo, o registo calcula e apresenta dois valores de uma possível extensão de uma área. Esses valores são dados tanto para a altura horizontal como para a vertical.

Após a conclusão do preenchimento do registo 5, dá-se início a uma nova etapa – sexta etapa. Nesta nova etapa procede-se ao preenchimento do registo 6 que apresenta um resumo das zonas classificadas. Neste registo apenas se irá agregar toda a informação que se foi registando ao longo dos restantes registos. Assim sendo, os campos relativos às fontes de libertação, ao grau de libertação, ao tipo de material inflamável (nome e estado) e à ventilação (tipo, grau e disponibilidade) terão os dados idênticos aos preenchidos no registo 4. Os campos relativos ao tipo de zona e extensão desta (vertical e horizontal) terão, por sua vez, os dados idênticos aos preenchidos no registo 5.

Após o preenchimento do registo 6, inicia-se a avaliação de riscos. Esta passará a ser a sétima etapa.

### **6.3.2.2 – Avaliação de Riscos de atmosferas explosivas**



A Avaliação de riscos a utilizar consistirá numa combinação de dois referenciais técnicos, apresentados anteriormente: a NTP 836 e a metodologia RASE. A adaptação destes dois métodos será denominada por método combinado de avaliação de riscos de atmosferas explosivas.

De seguida, a Tabela 6.9 demonstra a conjugação dos dois normativos que deu origem a este método combinado.

Tabela 6.9 – Análise dos diferentes métodos

	<i>NTP 836</i>	<i>Metodologia RASE</i>	<i>Método combinado</i>
<b>Probabilidade</b>	Apresenta uma tabela que conjuga a probabilidade de ignição com a classificação da área de risco e que nos dá a probabilidade de materialização de uma zona ATEX. A materialização é definida em cinco níveis: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.	Apresenta a frequência da probabilidade de ocorrência e divide-a em cinco níveis: frequente, provável, ocasional, remota e improvável.	A definição da probabilidade de ignição será considerada a da metodologia apresentada pela NTP. Para isso, utiliza-se a lista de verificação apresentada nela. A designação das fontes de libertação irá definida nos como: A/B/C e D. O descritivo de cada item encontra-se apresentado à frente. De maneira a apresentar a Probabilidade de risco de ocorrência de uma atmosfera explosiva, usa-se a tabela apresentada na NTP com as devidas adaptações. Esta probabilidade irá ser denominada no método combinado por $P_{ATEX}$ .
<b>Gravidade</b>	Apresenta quatro níveis de gravidade, sendo eles: baixo, médio, alto e muito alto.	Apresenta quatro níveis de gravidade, sendo eles: catastróficos, maior, menor e negligenciável.	Írá ser adoptada a metodologia RASE, logo, os quatro níveis de gravidade para este método serão: catastróficos, maior, menor e negligenciável.
<b>Nível de Risco</b>	Apresenta uma tabela que conjuga a probabilidade de materialização de uma zona ATEX com a gravidade das consequências, denominada por valorização do risco derivado de uma zona ATEX. A valorização do risco é definida em quatro tipos: Risco leve, Risco médio, Risco alto e Risco muito alto.	Apresenta quatro níveis de risco, sendo eles: A, B, C e D.	Írá ser adoptada a metodologia usada pela NTP 836, alargando apenas a definição de Risco Leve. Essa adição irá ser a classificação de Desprezável na $P_{ATEX}$ , na matriz do Nível de Risco. Logo, a valorização do risco irá ser definida em quatro tipos: Risco leve, Risco médio, Risco alto e Risco muito alto.

Deve ter-se em conta os três princípios relevantes de uma Avaliação de Risco: Probabilidade, Gravidade e Nível de Risco. A Tabela 6.9 apresenta nas duas primeiras colunas o que cada uma das metodologias sugere e na última coluna as definições dos parâmetros para a Metodologia Combinada.

Segundo esta metodologia combinada, para se proceder a uma avaliação de riscos na presença de atmosferas explosivas, devem-se percorrer os seguintes passos:

- Identificação e análise das possíveis fontes de ignição efectivas

Como já foi descrito, a identificação e análise das possíveis fontes de ignição efectivas é realizada com recurso a uma lista de verificação adaptada da metodologia RASE. O preenchimento dessa lista de verificação, fará com que se tenha um panorama de quais os possíveis locais a ter em consideração:

- Determinação da probabilidade de presença e activação de fontes de ignição

A determinação da probabilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva será determinada pela conjugação de dois parâmetros: Probabilidade de ignição e Classificação da área de risco

Esta conjugação é adaptada dos referenciais técnicos já mencionados e apresentados na tabela 6.10.

Para o método combinado, a probabilidade de ignição descrita consta da Tabela 6.10:

Tabela 6.10 – Definição dos diferentes tipos de uma probabilidade de ignição

<i>Probabilidade de ignição</i>	<i>Descritivo</i>
<b>A</b>	Inexistência de fontes de ignição na zona classificada
<b>B</b>	Possibilidade de ignição em casos de avarias raras ou falhas não previstas.
<b>C</b>	Possibilidade de ignição em caso de avarias ou falhas previsíveis.
<b>D</b>	Possibilidade de ignição em funcionamento normal. Fonte de ignição sem protecção.

Conjugando a Probabilidade de ignição com a Classificação da área de riscos, obtém-se a Probabilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva. Esta probabilidade na matriz de avaliação representada na Tabela 6.11 assume a designação  $P_{ATEX}$ .

Tabela 6.11 – Matriz de conjugação da Probabilidade de ignição com a classificação da área

		Não classificada	Zonas 2/22	Zonas 1/21	Zonas 0/20
Probabilidade de ignição	A	Desprezável	Desprezável	Desprezável	Desprezável
	B	Desprezável	Muito baixa	Baixa	Media
	C	Desprezável	Baixa	Media	Alta
	D	Desprezável	Media	Alta	Muito baixa

A probabilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva ( $P_{ATEX}$ ) poderá ser: Desprezável, Muito Baixa, Baixa, Media, Alta e Muito Alta.

- Estimação dos possíveis efeitos de uma explosão

A estimacão dos possíveis efeitos de uma explosão envolve o desenvolvimento da gravidade numa avaliação de risco. Na metodologia combinada, a gravidade foi adaptada da metodologia RASE. A sua descrição consta da Tabela 6.12:

Tabela 6.12 – Matriz Diferentes tipos de gravidade

<i>Gravidade</i>	<i>Descrito</i>
Catastrófica	Morte ou perda do sistema
Maior	Ferimentos graves, doenças ocupacionais graves, ou danos graves ao sistema
Menor	Pequenas lesões, doenças ocupacionais menores, ou danos no sistema menores
Negligenciável	Inferior a pequenas lesões, doenças ocupacionais ou danos no sistema

- Estimação/Valoração do risco numa atmosfera explosiva

Após determinação dos parâmetros da Probabilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva ( $P_{ATEX}$ ) e a gravidade das consequências da ocorrência de uma explosão, pode-se definir a Valoração do risco derivado de uma atmosfera explosiva. Com este sentido a Tabela 6.13 constitui uma adaptação da tabela apresentada pela NTP 836.

Tabela 6.13 – Conjugação da probabilidade de materialização com a gravidade das consequências

Probabilidade de materialização	Gravidade das consequências			
	Negligenciável	Menor	Maior	Catastrófica
Desprezável	Risco Leve	Risco Leve	Risco Leve	Risco Leve
Muito Baixa	Risco Leve	Risco Médio	Risco Médio	Risco Alto
Baixa	Risco Leve	Risco Médio	Risco Alto	Risco Muito Alto
Media	Risco Leve	Risco Alto	Risco Alto	Risco Muito Alto
Alta	Risco Médio	Risco Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto
Muito Alta	Risco Médio	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto	Risco Muito Alto

A prioridade de intervenção será determinada em função do resultado dessa matriz, que apresenta quatro níveis de risco, como evidenciado na Tabela 6.14:

Tabela 6.14 – Definições dos diferentes níveis de risco

Tipo de risco	Definição
Risco Leve	Não é necessária nenhuma acção específica urgente. No entanto, deve se considerar soluções ou melhorias, a fim de eliminar o risco. A aplicação de medidas organizativas adequadas para proteger contra explosões pode ser de interesse a este nível. Verificações periódicas são necessárias ou medidas de controlo para garantir que o risco permanece neste nível
Risco médio	Deve-se elaborar e adoptar, num prazo determinado, as medidas para reduzir o risco de explosão. Quando o risco médio está associado a consequências de elevada gravidade, outra acção será necessária para confirmar, mais precisamente, a probabilidade de realização do risco é muito baixo.
Risco Alto	Com carácter prioritário, é necessária uma acção imediata. Devem ser tomadas medidas a curto prazo para reduzir o risco. Quando está associado a graves consequências, outras medidas serão necessárias para confirmar a probabilidade da redução do risco.
Risco Muito Alto	Não se deve começar nem continuar o trabalho até se reduzir o risco. A situação precisa de uma correcção com carácter de urgência absoluta.

Através da tabela 6.14 podemos, assim, concluir que quanto mais alto for o tipo de risco maior será a prioridade de intervenção.

### 6.4 - Tratamento e análise de dados

O estudo efectuado na Refinaria de Sines, permitiu obter um relevante conjunto de dados através da aplicação do procedimento comportando uma sequência de registos e da avaliação combinada de riscos os quais foram objecto de tratamento e análise no presente capítulo.

Como já foi dito anteriormente, este estudo foi realizado tendo por base a análise da metodologia já implementada na Refinaria de Sines ao nível da implementação da directiva ATEX e análise da documentação já gerada internamente pela Área da Segurança (AQS-S) da Refinaria de Sines.

Depois da sequência de registos e da avaliação combinada de riscos concluída dá-se início a esquematização gráfica conforme podemos ver na figura Figura 6.18, classificado as zonas segundo a directiva ATEX.

Passamos analisar a Figura 6.18, com a classificação da zona A :

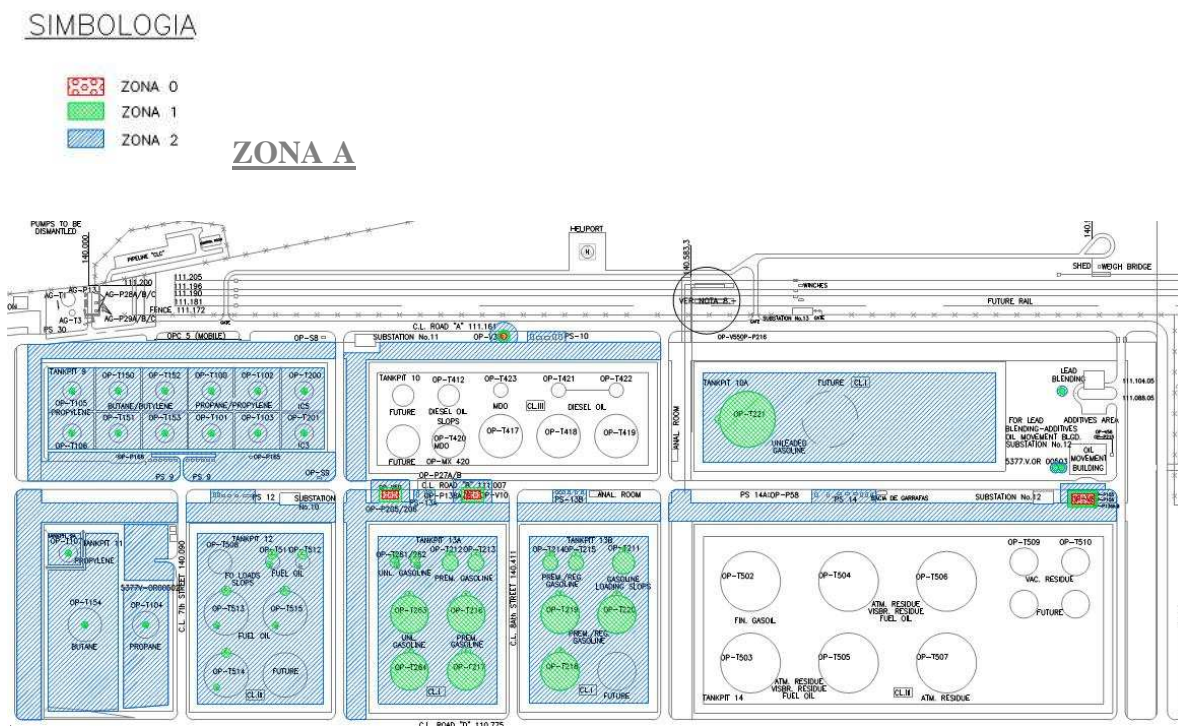


Figura 6.18 – Sector 2 – Zona A - Classificação de zonas ATEX

Conforme podemos ver na figura 6.18 a área que foi objecto de estudo na zona A foi maioritariamente (cerca de 90%) classificada como “zona 2” (Área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva), sendo

classificado como “zona 1” (Área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva) cerca de 8% e como “zona 0” (Área onde existe permanentemente ou durante longos períodos de tempo, ou com frequência, uma atmosfera explosiva) cerca de 2%.

De maneira a compreender-se melhor a classificação da zona A passamos a análise da Figura 6.19:

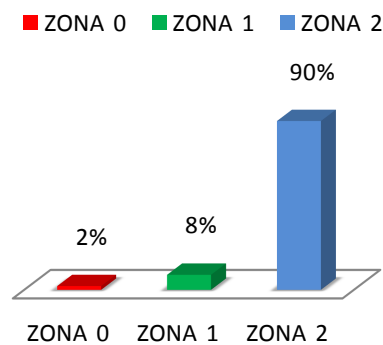


Figura 6.19 – Gráfico Zona A - Classificação de zonas ATEX

De acordo com o “Gráfico Zona A” estamos na presença de uma Área (2%) classificada com “Zona 0”. Não sendo possível neste caso prevenir a formação de atmosferas explosivas perigosas, deve evitar-se a ignição dessas atmosferas.

Passamos analisar a Figura 6.20, com a classificação da zona B:

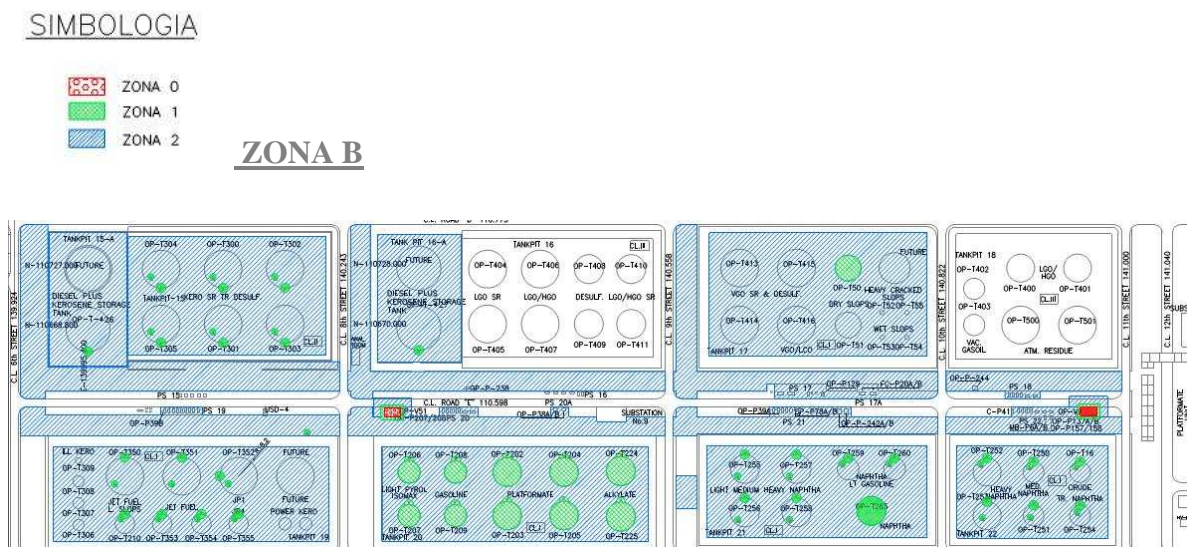


Figura 6.20 – Sector 2 – Zona B - Classificação de zonas ATEX

A imagem da “zona A” conforme podemos ver na figura 6.20 a área que foi objecto de estudo na “zona B” foi maioritariamente (cerca de 85%) classificada como “zona 2”, sendo classificado como “zona 1” cerca de 13% e como “zona 0” cerca de 2%.

De maneira a compreender-se melhor a classificação da zona B passamos a análise da Figura 6.21 – Gráfico Zona B:

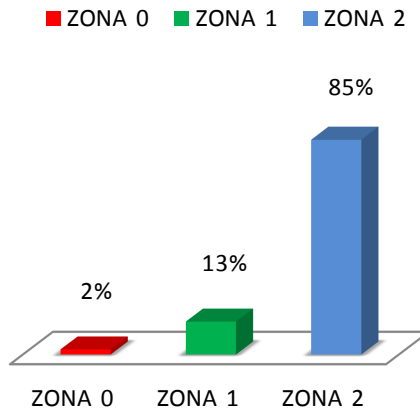


Figura 6.21 – Gráfico Zona B - Classificação de zonas ATEX

De acordo com o “Gráfico Zona B” estamos na presença de uma Área (2%) classificada com “Zona 0”. A imagem da zona anterior não sendo possível neste caso prevenir a formação de atmosferas explosivas perigosas, deve evitar-se a ignição dessas atmosferas.

Passamos analisar a Figura 6.22, com a classificação da zona C :

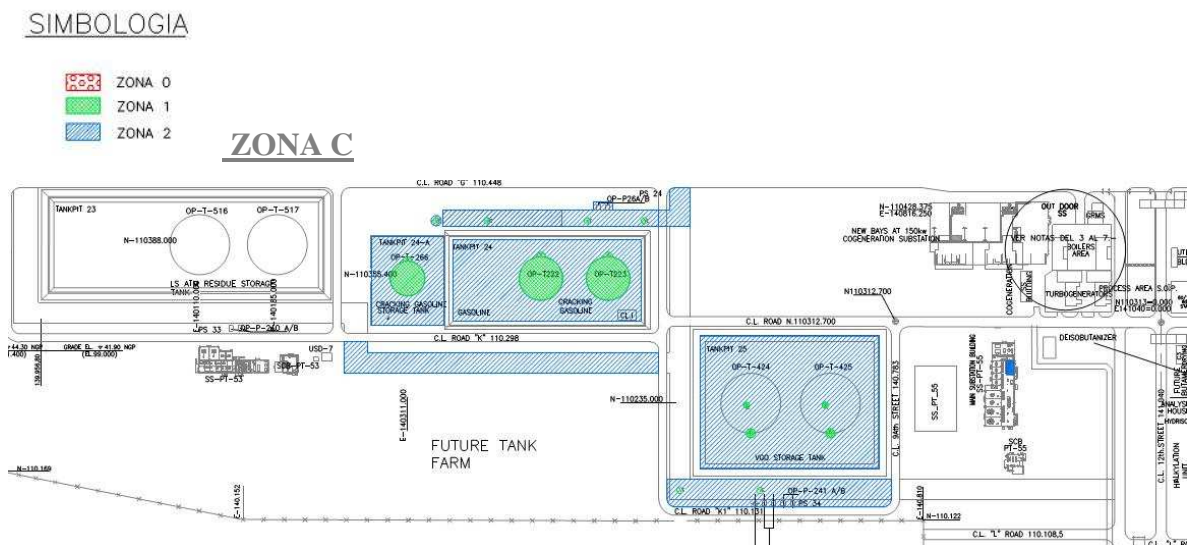


Figura 6.22 – Sector 2 – Zona C - Classificação de zonas ATEX

A imagem das zonas anteriores, conforme podemos ver na figura 6.22 a área que foi objecto de estudo na “zona C” foi maioritariamente (cerca de 88%) classificada como “zona 2”, sendo classificado como “zona 1” cerca de 12%. Nesta zona esta ausente áreas classificadas com “zona 0”.

De maneira a compreender-se melhor a classificação da zona C passamos a análise da Figura 6.23 – Gráfico Zona C:

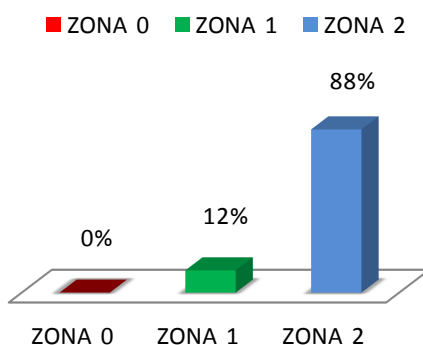


Figura 6.23 – Gráfico Zona C - Classificação de zonas ATEX

E para finalizar a análise no “sector 2” decidiu-se classificar a “zona de enchimento de cisternas” da Refinaria de Sines, sendo esta uma área importante requerendo uma análise mais pormenorizada de modo a obter resultados mais precisos.

Na figura 6.24 esta localizada a “zona D - enchimento de cisternas” no “sector 2” da Refinaria de Sines.

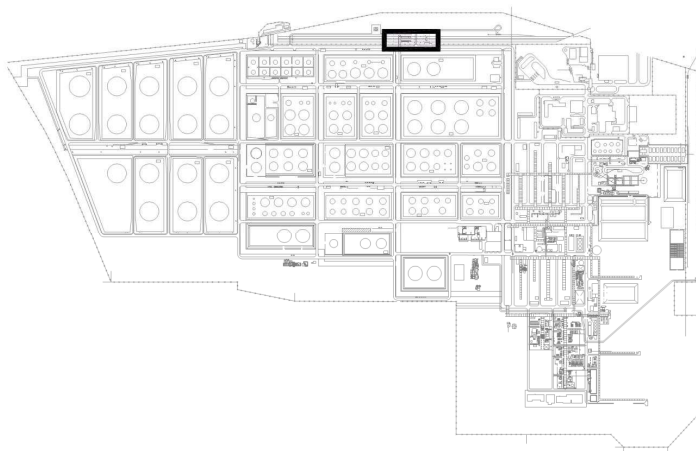


Figura 6.24 – Sector 2 – Zona D, enchimento de cisternas

De modo a facilitar a classificação da “zona de enchimento de cisternas” a figura 6.25 apresenta-se em corte. Passamos analisar a Figura 6.25, com a classificação da “zona de enchimento de cisternas”:

## ZONA D

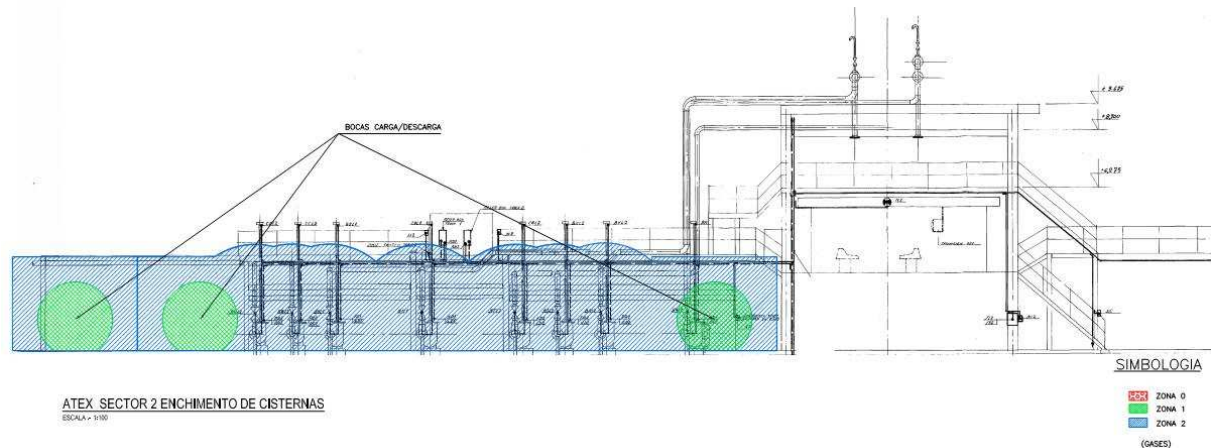


Figura 6.25 – Sector 2 – Zona D, enchimento de cisternas - Classificação de zonas ATEX

A imagem das zonas anteriores, conforme podemos ver na figura 6.25 a área que foi objecto de estudo na “zona D” foi maioritariamente (cerca de 87%) classificada como “**zona 2**”, sendo classificado como “**zona 1**” cerca de 13%. Nesta zona esta ausente áreas classificadas com “**zona 0**”.

De maneira a compreender-se melhor a classificação da zona D passamos a análise da Figura 6.26 – Gráfico Zona D:

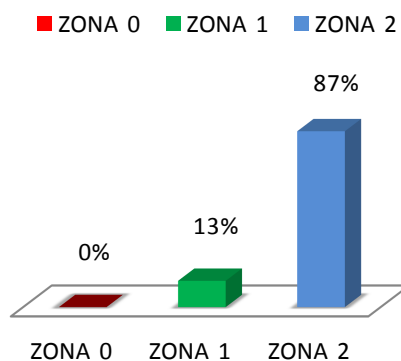


Figura 6.26 – Gráfico Zona D - Classificação de zonas ATEX

De modo a ficarmos com uma ideia global de toda a classificação que foi feita ao nível do sector 2, passamos analisar a figura 6.27.





Figura 6.27 – Sector 2 – Classificação de zonas ATEX

A imagem com a classificação geral do sector 2 conforme podemos ver na figura 6.27 e de acordo com o anteriormente já referido, esta classificado maioritariamente (cerca de 87.5%) classificada como “zona 2”, sendo classificado como “zona 1” cerca de 11.5% e como “zona 0” cerca de 1%.

De maneira a compreender-se melhor a classificação geral do sector 2 passamos a análise da Figura 6.28.

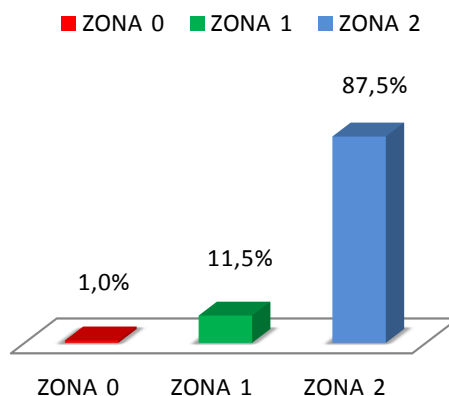


Figura 6.28 – Sector 2 - Classificação Geral de zonas ATEX

Ao ser analisada a figura 6.28, podemos concluir que a Refinaria de Sines, dispõe de zonas classificadas como “zona 0” (Área onde existe permanentemente ou durante longos períodos de tempo, ou com frequência, uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis, sob a forma de gás, vapor ou névoa. [Decreto-lei n.º 236/2003]), estando presente neste caso atmosferas explosivas perigosas.

Não sendo possível neste caso prevenir a formação de atmosferas explosivas perigosas, deve evitar-se a ignição dessas atmosferas. A imagem do caso prático anterior na Amorim Cork Composites, esse objectivo pode ser atingido mediante a adopção de medidas de protecção destinadas a evitar a presença de fontes de ignição ou a reduzir a probabilidade da sua ocorrência. Para definir medidas de protecção eficazes, devem conhecer-se os diferentes tipos de fontes de ignição e o seu modo de acção.

No caso da Refinaria de Sines existe o “Manual Protecção Contra Explosões – Manual ATEX” e nele se desenvolvem os objectivos do Decreto-lei nº 236/2003, ou seja:

Adopção de medidas organizativas de protecção contra explosões, através de:

- a) Elaboração do Manual de Protecção Contra Explosões que inclui:
  - i. A avaliação do risco de explosão e a classificação de zonas.
  - ii. As medidas técnicas adoptadas e a adoptar.
  - iii. O plano de formação dos próprios trabalhadores.
  - iv. O plano de coordenação preventiva para empresas subcontratadas, em caso de concorrência de actividades empresariais no mesmo local de trabalho.

- v. O plano de instruções / procedimentos escritos e Autorizações de Trabalho.
- vi. A sinalização de zonas de risco.
- vii. O plano de revisão de tudo o anterior.

Em relação à adopção de medidas técnicas de protecção contra explosões em equipamentos e áreas de processo e armazenagem segundo o ponto ii) do tema anterior:

- a) Classificação por zonas em função do risco de explosão.
- b) Adopção de medidas que evitem a formação de atmosferas explosivas (inertização, sobrepressão,...).
- c) Adopção de medidas que minimizem a categoria da zona ou que reduzam a probabilidade de formação de atmosferas explosivas.
- d) Definição das características dos equipamentos eléctricos segundo as respectivas zonas onde se encontram.
- e) Definição das medidas para minimizar os riscos de ignição, incluindo especialmente as descargas electrostáticas.
- f) Definição das medidas para atenuar os efeitos (supressores de explosões, discos de rotura, etc.).
- g) Definição de medidas para evitar a propagação (compartimentação, blindagens, etc.).

Tem-se em conta, que para a modificação ou novas instalações na Refinaria de Sines, será necessário uma revisão deste documento ou a elaboração de um documento específico para dar cumprimento ao exigido pelo Decreto-lei nº 236/2003 sendo, portanto, este um processo dinâmico e não meramente um exercício estático e académico.

De referir que o histórico de acidentes associados a atmosferas explosivas (ATEX) desde o início da implementação do DL 236/2003 na Refinaria de Sines, é o desejável para qualquer empresa que labora em ambientes ATEX, tendo um registo até a data de “zero” acidentes, que se deve em parte ao progresso no desenvolvimento, coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX).

## 7 CONCLUSÕES

No início do trabalho um dos objectivos principais proposto foi a elaboração de um estudo sobre a implementação da directiva ATEX no sector industrial promovendo desta forma a melhoria da protecção da segurança e da saúde dos trabalhadores susceptíveis de exposição a riscos derivados de atmosferas explosivas”.

Chegou-se a conclusão que o empregador deve prevenir a formação de atmosferas explosivas através de medidas técnicas e organizativas apropriadas à natureza das operações, tendo em conta os princípios de prevenção consagrados no regime aplicável em matéria de segurança, higiene e saúde no trabalho. Se, dada a natureza da actividade for impossível evitar a formação de atmosferas explosivas, o empregador deve adoptar medidas técnicas e organizativas que evitem a ignição das mesmas e atenuem os efeitos prejudiciais de uma explosão, de forma a proteger a vida, a integridade física e a saúde dos trabalhadores.

Além das medidas acima referidas, o empregador deve tomar outras medidas que contrariem a propagação de explosões. Todas estas medidas devem ser revistas com a periodicidade máxima de um ano, bem como sempre que ocorram alterações significativas que afectem a segurança das operações.

A implementação da Directiva ATEX em Portugal ao longo destes 10 anos não foi regulada pela entidade responsável, mais concretamente pela Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT), sendo este o único órgão a quem compete a fiscalização do cumprimento do presente diploma, o que originou com que parte das empresas demonstrassem desinteresse nesta directiva ou até mesmo desconhecimento ao longo destes 10 anos.

No caso prático realizado na empresa Amorim Cork Composites, deu-se mais ênfase as explosões originados por poeiras onde se conclui que a possibilidade da explosão de uma nuvem de pó está condicionada pela dimensão das suas partículas, sua concentração, as impurezas, a concentração de oxigénio e a potência da fonte de ignição.

Com a elaboração deste estudo prático na empresa Amorim Cork Composites, e colocando esta empresa sujeita a uma avaliação de risco de explosão, chegou-se a conclusão que esta unidade industrial, dispõe de inúmeras zonas classificadas como zona 20 (42%) ou seja tem presente atmosferas explosivas perigosas, originadas pela presença de poeiras, no entanto, não sendo possível neste caso prevenir a formação de atmosferas explosivas perigosas, deve-se

evitar a ignição dessas atmosferas, evitando a presença de fontes de ignição ou reduzir a probabilidade da sua ocorrência.

A classificação de áreas perigosas e análise do risco de explosão que foi feita na Amorim Cork Composites, constituem uma parte do trabalho sistemático para melhoria da segurança e saúde dos trabalhadores tal como é requerido na Directiva 89/391/CE, proporcionando deste modo a base para procedimentos de trabalho, acções de protecção, escolha de equipamento, manutenção, sinalização de aviso e regras de segurança nas operações em questão para a segurança e saúde dos trabalhadores.

No caso prático realizado na Refinaria de Sines – Galp Energia, podemos concluir que o sector que foi objecto de estudo (sector 2), dispõe de cerca de 1% de zonas classificadas como “zona 0” (área onde existe permanentemente ou durante longos períodos de tempo, ou com frequência, uma atmosfera explosiva), cerca de 11,5% de zonas classificadas como “zona 1” (área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera) e cerca de 87,5% de zonas classificadas como “zona 2” (área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva), podendo concluir que só uma percentagem mínima (1%) esta constantemente na presença de atmosferas explosivas perigosas.

O sucesso da Refinaria de Sines deve-se grande parte a existência de um documento de orientação o “Manual Protecção Contra Explosões – Manual ATEX” que surge como consequência da aplicação do Decreto-lei Nº 236/2003, que tem sido o fio condutor/agregador desde então.

De referir que o histórico de acidentes associados a atmosferas explosivas (ATEX) desde o início da implementação do DL 236/2003 na Refinaria de Sines, é o desejável para qualquer empresa que labora em ambientes ATEX, tendo um registo até a data de “zero” acidentes, que se deve em parte ao progresso no desenvolvimento, coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX).

O desenvolvimento desta dissertação poderá no futuro constituir uma ferramenta essencial para o tecido empresarial Português, no que toca a implementação da directiva ATEX, colmatando parte da falta de produção de documentação sobre as melhores técnicas

disponíveis (MTD), visando uma correcta avaliação de risco nos locais com atmosferas explosivas.

## **8 PERSPECTIVAS FUTURAS**

No sentido de melhorar os resultados obtidos com este trabalho, é essencial realizar futuramente mais estudos que envolvam mais indústrias. Além disso, é importante que esses estudos sejam realizados por mais do que uma pessoa de maneira a averiguar a ambiguidade do procedimento. A comparação entre as situações de risco obtidas e diferentes parâmetros também será importante para uma análise de tendências nas atmosferas explosivas. Parâmetros como: quantidade de líquidos/gases inflamáveis existentes em cada empresa, quantidade de líquidos/gases inflamáveis em quantidades mínimas para criação de uma zona ATEX em cada empresa, diferentes características dos produtos químicos (pontos de inflamação, limites de explosividade, concentrações, etc.)

Por fim, uma avaliação de riscos utilizando outros métodos já desenvolvidos para as empresas de maneira a existir um termo de comparação sobre a adequabilidade do método e a fiabilidade deste.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRAL, Fernando (2003). *Higiene, Segurança, Saúde e Prevenção de Acidentes de trabalho – Um guia prático*, Verlag-Dashoffer cap. 11.

MIGUEL, Alberto Sérgio (2010). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. 11ª ed.* Porto Editora.

NUNES, Fernando Manuel Duarte Oliveira, (2010). *Segurança e Higiene do Trabalho: Manual técnico. 3ª ed.* Edições Gustave Eiffel.

ASTM E1226-94, *Standard Test Method for Pressure and Rate of Pressure Rise for Combustible Dusts*, American Society for Testing and Materials, Coshohocken, PA, 1994.

ASTM E1515-96, *Standard Test Method for Minimum Explosible Concentration of Combustible Dusts*, American Society for Testing and Materials, Coshohocken, PA, 1996.

Amyotte, P.R., Chippett, S., Pegg, M.J., 1989, *Effects of Turbulence on Dust Explosions*, Prog. Energy Combust. Sci., Vol 14, pp. 293-310.

Bartknecht, W., 1981, *Explosions: Course Prevention Protection*, Translation of Second Edition, Springer.

Bradley, D., Mitcheson, A., 1976, *Mathematical Solutions for Explosions in Spherical Vessels*, Combustion and Flames, Vol 26, pp. 201-217.

Bluhm, D.D., 1984, *Grain elevator explosions: a university view*. International Symposium on Grain Elevator Explosions.

Campos, J.A., 1984, *A Explosão de Suspensões de Poeiras*, Publicação apresentada na 1ª reunião da secção Portuguesa do Instituto de Combustão, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Secção Autónoma de Engª Mecânica.

Cashdollar, K.L., Hertzberg M., Zlochower, I.A., 1988, *Effect of Volatility on Dust Flammability Limits for Coals, Gilsonite and Polyethylene*, Twenty-Second Symposium (International) on Combustion, Combustion Institute, pp. 1757-1765.

Cashdollar, K.L., Liebman I., Conti, R.S., 1981, *Three Bureau of Mines Optical Dust Probes*, Report of Investigations 8542, Bureau of Mines.



Comissão das comunidades europeias, 2006, *Guia de boas práticas: Segurança e Saúde dos trabalhadores expostos a atmosferas explosivas*. Lisboa: Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho.

Cashdollar, K.L., 1994, *Flammability of Metals and Other Elemental Dust Clouds*, Process Safety Progress, Vol. 13, No. 3, pp. 139-145.

Cashdollar, K.L., 1996, *Coal Dust Explosibility*, J. Loss Prev. Process Ind., Vol. 9, No 1, pp.65-76.

Cashdollar, K.L.,1998, *Dust Explosions Overview*, Proceedings of the International Symposium on Hazards, Prevention, and Mitigation of Industrial Explosions, Eight International Colloquium on Dust Explosions, Schaumburg, Illinois, 21-25 September, pp. 1-25.

Cashdollar, K.L., Chatrathi, K., 1992, *Minimum Explosible Dust Concentrations Measured in 20-L and 1-M3 Chambers*, Combust. Sci. and Tech., Vol. 87, pp. 157-171. Continillo, G., Crescitelli, S., Fumo, E., Russo, G., 1987, Ignition by Chemical Detonators and Explosibility of Coal Dust. Influence of the Energy Release, Archivum combustion, Vol 7 No 1-2, pp 119-126.

Conti, R.S, Cashdollar K.L., Liebman, I., 1982, *improved optical probe for monitoring dust explosions*, Rev. Sci. Instrum. 53(3), Washington.

De Soete, G., 1976, *Aspects Fondamentaux de la Combustion en Phase Gazeuse*, Editions Technip, Paris.

Dahoe, A.E., Cant, R.S., Pegg, M.J., Scarlett, B., 2001, *On the Transiente Flow in the 20-liter Explosion Sphere*, J. Loss Prev. Process Ind., Vol 14, pp. 475-487.

Enomoto, H., Matsuda, T., 1986, *Encyclopedia of Fluid Mechanics, Vol. 4, Chap. 19, Solids and Gas-Solids Flows*.

Eckhoff, 1997, *Dust Explosions in the Process Industries*, 2th Edition, Butterworth-Heineman.

Fradinho D.M., Pascoal Neto C., Evtuguin D., Jorge F.C., Irlle M.A., Gil M., Pedrosa de Jesus J., 2002, *Chemical characterisation of bark and of alkaline bark extracts from maritime pine grown in Portugal*, Industrial Crops and Products, 16, pp 23-32.

Glassman, I., 1996, *Combustion*, Academic Press, London.

Going, J.E., Chatrathi, K., Cashdollar, K.L., 2000, *Flammability Limit Measurements for Dust* in 20L and 1 m<sup>3</sup> Vessels, *J. of Loss Prev in Process Ind.*, Vol 13, pp. 209-219.

Hertzberg, M., Cashdollar, K.L., Daniel, L.N., Conti, R.S., 1982, *Domains of Flammability and Thermal Ignitability for Pulverized Coals and Other Dusts: Particle Size Dependences and Microscopic Residue Analyses*, Nineteenth Symposium (International) on Combustion, Combustion Institute, pp. 1169-1180.

Hertzberg, M., Zlochower, I.A., 1990, *Devolatilization Rates and Interparticle Wave Structures During the Combustion of Pulverized Coals and Polymethylmethacrylate*, Twenty-Third Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 1247-1255.

Hertzberg, M., Cashdollar, K., Zlochower, I.A., 1986, *Flammability Limit Measurements for Dusts and Gases: Ignition Energy Requirements and Pressure Dependences*, Twenty-First Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 303-313.

Hertzberg, M., Cashdollar, K.L., 1987, *Introduction to Dust Explosions*, Paper in Industrial Dust Explosions, ASTM STP 958, Cashdollar and Hertzberg (Eds), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, pp. 5-32.

Hertzberg, M., Zlochower, I.A., Cashdollar, K.L., 1992, *Metal Dust Combustion: Explosion Limits, Pressure and Temperature*, Twenty-Fourth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 1827-1835

Hertzberg, M., Cashdollar, K.L., Daniel, L.N., Conti, R.S., 1982, *Domains of Flammability and Thermal Ignitability for Pulverized Coals and Other Dusts: Particle Size Dependences and Microscopic Residue Analyses*, Nineteenth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 1169-1180.

Hertzberg, M., Zlochower, I.A., Cashdollar, K. 1986b, *Volatility Model for Coal Dust Flame Propagation and Extinguishment*, Twenty-First Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 325-333.

Lewis, B., Von Elbe, J., 1961, *Combustion, Flames and Explosion of Gases*, Academic Press, New York, 2nd ed.

Linnett, J.W., Simpson, C.J.S.M., 1957, *Limits of Flammability*, Sixth Symposium (Int.) on Combustion, Combustion Institute, pp.20-27.

Nagy, J., Verakis, H.C., 1983, *Development and Control of Dust Explosions*, Marcel Dekker.

Oman, J., Tacer, M., Matija, T., 1998, *Overfeed Fixed-bed Combustion of Wood*, Bioresource Technology, 67 (1999), p. 139-147.

Pu, Y K., Jarosinski, J., Tai, C.S., Kauffman, C.W., Sichel, M., 1988, *The Investigation of the Feature of Dispersion Induced Turbulence and its Effects on Dust Explosions in Closed Vessels*, Twenty-second Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 1777-1787.

Pu, Y.K., Jarosinski J., Johnson, V.G., Kauffman, C.W., 1990, *Turbulence Effects on Dust Explosions in the 20 Liter Spherical Vessel*, Twenty-third Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 843-849.

Pilão, R.M., 2003, *Estudo da Explosão do Pó de Cortiça*, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Poletaev N.L., 1998, *Explosibilidade dos pós*, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Moscovo, Moscovo.

Smoot, L.D., Horton, M.D., Williams, G.A., 1976, *Propagation of Laminar Pulverized Coal-Air Flames*, Sixteenth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, pp. 375-387.

Wieman, W., 1987, *Influence of Temperature and Pressure on the Explosion Characteristics of Dust/Air and Dust/Air/Inert Gas Mixtures*, Paper in Industrial Dust Explosions, ASTM STP 958, Cashdollar and Hertzberg (Eds), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, pp. 33-44.

Semenova, Olga., 2012, *Estudo da explosão do pó de casca do pinheiro bravo*, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO - AMORIM CORK COMPOSITES**



UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
Mestrado em Segurança aos Incêndios Urbanos

## **Resposta ao questionário - Estado de implementação da Directiva ATEX.**

1-Como reagiu a Amorim Cork Composites ao DL 236/203 de implementação da Directiva ATEX?

*R: A Amorim Cork Composites, atenta aos riscos de explosão inerentes a sua actividade, mais concretamente a utilização de cortiça (várias granulometrias) gerando uma camada de poeiras e matérias-primas inflamáveis (colas, diluentes...etc), recorreu a serviços externos qualificados (ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade) para que fosse feita uma avaliação de risco de explosões, em toda a unidade industrial. Apostou fundamentalmente na alteração de processos na sensibilização, informação e formação dos trabalhadores, sendo as regras de segurança escrupulosamente cumpridas pelos trabalhadores (externos/internos) que laboram nesta entidade.*

2-De que forma tem sido feita a implementação da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003) na Amorim Cork Composites ao longo destes últimos 10 anos? Seguiram algum Guia ou outro documento de orientação?

*R: Amorim Cork Composites recorreu a serviços externos qualificados (ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade), com intuito de avaliar as necessidades para a implementação da directiva ATEX. Acabou-se por gerar um manual de boas práticas para ambientes ATEX, para além da avaliação de riscos de explosões, a que as instalações indústrias foram sujeitas.*

3-Quais as dificuldades no cumprimento da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003)?

*R: Após a avaliação de riscos de explosão e estudado o estado actual das instalações industriais, detectando-se os pontos críticos a actuar, não houve qualquer tipo de problema em cumprir com a directiva ATEX.*

4-Para a implementação do DL 236/2003 a empresa recorreu aos técnicos da empresa ou a serviços externos (nacionais ou internacionais)? Tiveram ou não dificuldade em adquirir equipamentos para ATEX em Portugal ou exterior?

*R: A Amorim Cork Composites recorreu a serviços externos mais concretamente ao ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade. Excepto o equipamento já existente e de maior porte (devido a idade da unidade fabril), todo equipamento adquirido é feito de acordo com a directiva ATEX, não havendo qualquer problema em o adquirir, sendo este equipamento sujeito a uma inspecção rigorosa da equipa de segurança das instalações, antes de entrar em funcionamento.*

5-Qual é o histórico de acidentes associados a atmosferas explosivas (ATEX) desde o início da implementação do DL 236/2003?



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Mestrado em Segurança aos Incêndios Urbanos

*R: Após a implementação do DL 236/2003, não houve qualquer registo de acidentes associados a atmosferas explosivas (ATEX) relevantes. Houve unicamente uma pequena explosão em uma das condutas que transporta grãos de cortiça, mas o sistema de segurança existente, possui um sistema de seccionamento que é accionado imediatamente aquando detectado qualquer tipo de chispas, evitando deste modo a propagação de qualquer expulsão/incêndio.*

6-A Amorim Cork Composites já elaborou/participou na elaboração de alguma documentação sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD), visando uma correcta avaliação de risco nos locais com atmosferas explosivas? Conhecem e/ou tem acompanhado a produção de normas na área de ATEX? Têm conhecimento dos trabalhos da CT 138, no âmbito do IPQ?

*R: A única documentação que a Amorim Cork Composites elaborou/participou foi toda a documentação elaborada na avaliação de riscos da fábrica.*

7-Recorreram e/ou tiveram algum apoio de carácter informativo das entidades oficiais (DGEG, ACT ou outras)?

*R: Não.*

8-Consideram que tem havido progressos no desenvolvimento, coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX)?

*R: Sim. A Amorim Cork Composites, apostou fundamentalmente na Sensibilização Informação e formação dos trabalhadores, havendo progressos evidentes ao nível da coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX)*

9-A Amorim Cork Composites tem alguém responsável pelo cumprimento desta directiva?

*R: Sim. A Amorim Cork Composites, tem um departamento de segurança que regula e controla o cumprimento da directiva ATEX.*

10-A Amorim Cork Composites tem alguma pareceria com alguma empresa para controlar/implementar a Directiva ATEX (DL n.º 236/2003)?

*R: Sim. Como já foi dito anteriormente recorreu ao ISQ para avaliar os eventuais riscos de explosão. Quem controla esta implementação na unidade fabril é o próprio departamento de segurança da Amorim Cork Composites.*

---

*Elaborado por : André Tiago Tavares Cunha*

*Respondido por: Victor Vivas, Responsável pela área de Segurança na Amorim Cork Composites, S.A*

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO - REFINARIA DE SINES**



UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
Mestrado em Segurança aos Incêndios Urbanos

*Refinaria de Sines – Galp Energia*

## **Resposta ao questionário - Estado de implementação da Directiva ATEX.**

1 – Como reagiu a Refinaria de Sines - Galp Energia ao DL 236/203 de implementação da Directiva ATEX?

*R: A Refinaria de Sines, pela altura da publicação do DL 236/2003 e mesmo antes da publicação da respectiva directiva em 1999, seguia, muito em virtude da especificidade da sua área de laboração, um conjunto de normas e standards (Basic Engenning Specifications Standarts, IEC 60079-10, IEC 60079-14, API RP-505, etc) que abrangiam o conteúdo versado, ainda que de uma forma puramente técnica e sem a mesma estrutura, pelo que a chegada do DL 236/2003 foi encarado com naturalidade e como uma ferramenta sistematizadora de algo que tacitamente já era realizado, conferindo-lhe maiormente um carácter de obrigatoriedade de cumprimento legal.*

2 – De que forma tem sido feita a implementação da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003) na Refinaria de Sines - Galp Energia ao longo destes últimos 10 anos? Seguiram algum Guia ou outro documento de orientação?

*R: O “Manual Protecção Contra Explosões – Manual ATEX” que surge como consequência da aplicação do Decreto-Lei Nº 236/2003, tem sido o fio condutor/agregador desde então. Nele se desenvolvem os objectivos do Decreto-Lei nº 236/2003 para a REFINARIA DE SINES DA GALPENEGIA, ou seja:*

*Adopção de medidas organizativas de protecção contra explosões, através de:*

- a) Elaboração do Manual de Protecção Contra Explosões que inclui:
 
  - i) A avaliação do risco de explosão e a classificação de zonas.*
  - ii) As medidas técnicas adoptadas e a adoptar.*
  - iii) O plano de formação dos próprios trabalhadores.*
  - iv) O plano de coordenação preventiva para empresas subcontratadas, em caso de concorrência de actividades empresariais no mesmo local de trabalho.*
  - v) O plano de instruções / procedimentos escritos e Autorizações de Trabalho.*
  - vi) A sinalização de zonas de risco.*
  - vii) O plano de revisão de tudo o anterior.**

*Em relação à adopção de medidas técnicas de protecção contra explosões em equipamentos e áreas de processo e armazenagem segundo o ponto ii) do tema anterior:*

- a) Classificação por zonas em função do risco de explosão.*
- b) Adopção de medidas que evitem a formação de atmosferas explosivas (inertização, sobrepressão,...).*
- c) Adopção de medidas que minimizem a categoria da zona ou que reduzam a probabilidade de formação de atmosferas explosivas.*
- d) Definição das características dos equipamentos eléctricos segundo as respectivas zonas onde se encontram.*





UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Mestrado em Segurança aos Incêndios Urbanos

- e) *Definição das medidas para minimizar os riscos de ignição, incluindo especialmente as descargas electrostáticas.*
- f) *Definição das medidas para atenuar os efeitos (supressores de explosões, discos de rotura, etc.).*
- g) *Definição de medidas para evitar a propagação (compartimentação, blindagens, etc.).*

*Tem-se em conta, que para a modificação ou novas instalações na Refinaria de Sines, será necessário uma revisão deste documento ou a elaboração de um documento específico para dar cumprimento ao exigido pelo Decreto-Lei nº 236/2003 sendo, portanto, este um processo dinâmico e não meramente um exercício estático e académico.*

3 – Quais as dificuldades no cumprimento da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003)?

*R: As principais dificuldades encontradas prendem-se com questões do foro logístico, que não comprometem o cumprimento da referida directiva.*

4 – Para a implementação do DL 236/2003 a empresa recorreu aos técnicos da empresa ou a serviços externos (nacionais ou internacionais)? Tiveram ou não dificuldade em adquirir equipamentos para ATEX em Portugal ou exterior?

*R: Para a elaboração do “Manual Protecção Contra Explosões – Manual ATEX” recorremos ao serviço de terceiros, tendo sido supervisionado e aprovado por nós, quanto ao restante trabalho no desenvolvimento da implementação do DL 236/2003 foi realizado internamente. Relativamente aos equipamentos a aquisição não tem apresentado problemas de maior, geralmente estes equipamentos apresentam um prazo de entrega mais dilatado, mas apenas isso.*

5 – Qual é o histórico de acidentes associados a atmosferas explosivas (ATEX) desde o início da implementação do DL 236/2003?

*R: 0 acidentes.*

6 – A Refinaria de Sines - Galp Energia já elaborou/participou na elaboração de alguma documentação sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD), visando uma correcta avaliação de risco nos locais com atmosferas explosivas? Conhecem e/ou tem acompanhado a produção de normas na área de ATEX? Têm conhecimento dos trabalhos da CT 138, no âmbito do IPQ?

*R: Não, participámos na elaboração de documentação sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD), apenas em documentação interna que nos ajuda na sistematização de certas tarefas adstritas à implementação do DL 236/2003.*

*Temos conhecimento das diferentes normas na área ATEX, (IEC-60079-10-1, IEC-60079-10-2, IEC-60079-14, API-RP505, IEC-202007, entre outras), as quais sistematicamente utilizamos na análise e estudo de situações referentes a esta temática, em virtude de qualquer modificação que surja/ocorra.*



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Mestrado em Segurança aos Incêndios Urbanos

7 – Recorreram e/ou tiveram algum apoio de carácter informativo das entidades oficiais (DGEG, ACT ou outras)?

*R: Não.*

8 – Consideram que tem havido progressos no desenvolvimento, coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX)?

*R: Da nossa parte Refinaria de Sines sem dúvida! A melhoria contínua é um paradigma com o qual nos identificamos de sobremaneira e como tal temos registado progressos no desenvolvimento, coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX).*

9 – A Refinaria de Sines - Galp Energia tem alguém responsável pelo cumprimento desta directiva?

*R: Sim. A Área da Segurança (AQS-S).*

10 – A Refinaria de Sines - Galp Energia tem alguma pareceria com alguma empresa para controlar/implementar a Directiva ATEX (DL n.º 236/2003)?

*R: Sim. A Área da Segurança (AQS-S).*

---

*Elaborado por : André Tiago Tavares Cunha*

*Respondido por: Nelson Lopes Branco, área de Segurança (AQS-S) na Refinaria de Sines - Galp Energia*

## **APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO – ACT**



André Tiago Cunha &lt;andretiagocunha@gmail.com&gt;

---

## Dissertação de Mestrado - “Implementação da directiva ATEX no sector industrial” - ACT

---

André Tiago Cunha &lt;atcunha@student.dec.uc.pt&gt;

27 de Outubro de 2013 às 22:27

Para: geral@act.gov.pt, joao.doliveira@act.gov.pt, cl.mondego@act.gov.pt, did.mail@act.gov.pt

Exmos. Srs.,

Para o desenvolvimento de uma Dissertação no âmbito do Mestrado em Segurança aos Incêndios Urbanos do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), com o tema “Implementação da directiva ATEX no sector industrial”, venho por este meio saber qual a possibilidade da Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT), colaborar com este estudo, através da resposta a um questionário.

Sendo a ACT um serviço do Estado que visa a promoção da melhoria das condições de trabalho em todo o território continental através do controlo do cumprimento do normativo laboral no âmbito das relações laborais privadas e pela promoção da segurança e saúde no trabalho em todos os sectores de actividade públicos ou privados, agradece que me respondessem as seguintes questões:

- 1 - A ACT tem tomado algumas medidas para garantir o cumprimento da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003)?
- 2 - Quais as dificuldades no cumprimento da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003)?
- 3 - Qual a forma de implementação da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003) nas empresas ao longo destes últimos 10 anos?
- 4 - Como estão a reagir as empresas à implementação da Directiva ATEX (DL n.º 236/2003) ao longo destes 10 anos?
- 5 - Tem havido alguns registos de acidentes resultantes de atmosferas explosivas (ATEX)?
- 6 - A ACT já elaborou/participou na elaboração de alguma documentação sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD), visando uma correcta avaliação de risco nos locais com atmosferas explosivas?
- 7 - Consideram que tem havido progressos no desenvolvimento, coordenação e controlo nas actividades de prevenção e de protecção contra riscos profissionais, em ambientes de atmosferas explosivas (ATEX)?
- 8 - A ACT tem alguém responsável pelo cumprimento desta directiva?
- 9 - A ACT tem alguma pareceria para controlar/implementar a Directiva ATEX (DL n.º 236/2003)?

Tendo em conta que seria uma mais-valia para a ACT e uma grande ajuda para esta Dissertação de Mestrado, fico deste modo a aguardar pela Vossa resposta, a este questionário. Se houver necessidade estou disponível para recorrer às Vossas instalações, para esclarecimento adicional, referente a este questionário.

Com os melhores cumprimentos,

---

**André Tiago Tavares Cunha**

Mestrando em Segurança aos Incêndios Urbanos - FCTUC - Coimbra

Telm. 963.430.177 | E-mail: [atcunha@student.dec.uc.pt](mailto:atcunha@student.dec.uc.pt)



André Tiago Cunha &lt;andretiagocunha@gmail.com&gt;

---

**Dissertação de Mestrado - "Implementação da directiva ATEX no sector industrial" - ACT**

---

**ACT - Direção de Serviços para a Promoção de SST**

10 de Dezembro de 2013 às

&lt;dpspst.mail@act.gov.pt&gt;

15:18

Para "andretiagocunha@gmail.com" &lt;andretiagocunha@gmail.com&gt;

Cc: ACT - Centro Local do Mondego &lt;coimbra.mail@act.gov.pt&gt;, ACT - Divisão de Informação e Documentação &lt;did.mail@act.gov.pt&gt;

Exmo. Senhor Dr. António Cunha,

Na sequencia do mail infra que mereceu a nossa melhor atenção, informa-se que a ACT se encontra a avaliar a implementação de uma série de diretivas, entre as quais a diretiva ATEX transposta para o direito nacional pelo Decreto Lei n.º 236/2003 de 30 de setembro.

Face ao exposto, não é ainda possível enviar os resultados dessas avaliações, uma vez que os resultados destas avaliações só deverá estar disponíveis em fevereiro de 2014.

Com os melhores cumprimentos

**Diretor de Serviços|****Direcção de Serviços para a Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho [DPSST]**Av. Casal Ribeiro, 18-A  
1000-092 Lisboa  
PortugalTel: +351 213 308 700  
dpspst.mail@act.gov.pt  
www.act.gov.pt

Leia, responda, encaminhe, archive electronicamente! Antes de imprimir, pense no ambiente.  
Let's respect the environment together. Print this message only if necessary.

Esta mensagem é exclusivamente dirigida ao(s) destinatário(s) indicado(s). Se a recebeu por engano, agradecemos que não a copie nem a reenvie e que nos comunique o ocorrido através do email de resposta e, como a mensagem pode conter informação de natureza confidencial, agradecemos que a apague.

This electronic message may contain confidential, proprietary or privileged information. It is intended for the use of the named recipient only. If you are not the intended recipient, please notify the sender and delete the message; do not disclose, distribute, or copy the information.

## **APÊNDICE D – REGISTOS DESENVOLVIDOS**















