

**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE - FANESE
NÚCLEO DE PÓS – GRADUAÇÃO E EXTENSÃO – NPGE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “LATO SENSU”
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO**

EDUARDO GABRIEL RAMOS DE OLIVEIRA

**RISCOS DE EXPLOSÕES ORIGINADAS POR
POEIRAS COMBUSTÍVEIS**

**Aracaju – SE
2010**

EDUARDO GABRIEL RAMOS DE OLIVEIRA

**RISCOS DE EXPLOSÕES ORIGINADAS POR
POEIRAS COMBUSTÍVEIS**

**Projeto de Pesquisa apresentado ao
Núcleo de Pós-Graduação e Extensão
da FANESE, como requisito para
obtenção do título de Especialista em
ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO.**

**Orientador: Prof M.Sc. Roberto
Theobald**

**Aracaju – SE
2010**

EDUARDO GABRIEL RAMOS DE OLIVEIRA

**RISCOS DE EXPLOSÕES ORIGINADAS POR
POEIRAS COMBUSTÍVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Núcleo de Pós-Graduação e Extensão – NPGE, da Faculdade de Administração de Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito para a obtenção do título de Especialista em ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO.

Prof. M.Sc. ROBERTO THEOBALD

Profª M.Sc. FELORA DALIRI SHERAFAT

EDUARDO GABRIEL RAMOS DE OLIVEIRA

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2010.

RESUMO

Indústrias de processamento que em qualquer de suas etapas apresentem produtos na forma de pó são indústrias que representam um alto grau de risco no que se refere a incêndio e explosão. Isso é justificado porque materiais pulverulentos podem formar atmosfera explosiva quando encontram as condições ideais. Atividades industriais como beneficiamento de produtos agrícolas, fabricação de rações animais, beneficiamento de madeira, alimentícia, metalúrgica, entre outras podem ser incluídas na afirmação anterior. No Brasil, esses ramos de atividades são encontrados em larga escala e representam uma parcela significativa da economia do país. Porém, é importante destacar que, pouco se conhece e é divulgado com relação ao alto potencial de risco dessas indústrias e que acidentes já ocorreram inclusive com vítimas fatais. Esse artigo tem como objetivo difundir o tema explosões em pó, descrevendo os principais aspectos desses eventos, contribuindo para o entendimento da possibilidade de ocorrência de incêndios e explosões decorrentes de atmosferas originadas por poeiras combustíveis.

Palavras-chaves: Atmosferas explosivas. Explosão. Poeiras combustíveis.

ABSTRACT

Processing industries which in any of its stages present products on powder forms are industries that represent a high degree of risk of fire and explosion. This is justified because materials in powder forms may form explosive atmosphere when the conditions are ideal. Industrial activities such as processing of agricultural products, manufacture of animal feed, wood processing, food processing, metallurgy etc., can be included in the earlier statement. In Brazil, these branches of activities are found in large scale and represent a significant portion of the economy. However, it is important to note that, little is known and is disclosed in relation to high risk potential of these industries and accidents that have occurred including fatalities. This article aims to spread knowledge on dust explosions, describing the main aspects of these events, contributing to the understanding of the possibility of fires and explosions caused by atmospheres caused by combustible dust.

Keywords: Explosive atmospheres. Explosion. Combustible dust.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Triângulo de fogo.....	12
Figura 2 - Tetraedro do fogo.....	12
Figura 3 - Limites de inflamabilidade.....	14
Figura 4 - Condições para ocorrência de explosão.....	15
Figura 5: Ondas de pressão e choque envolvidas processo de combustão.	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de explosividade de produtos granulados ou pulverizados.....	20
Tabela 2 – Índices de explosividade, temperatura de ignição e energia mínima de ignição.....	21
Tabela 3 – Eventos decorrentes de explosão de pó.....	22

SUMÁRIO

RESUMO.....	
ABSTRACT.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE TABELAS.....	
1. INTRODUÇÃO.....	09
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1 Atmosferas Explosivas.....	11
2.2 Principais propriedades das substâncias inflamáveis.....	12
2.3 Limites inferior e superior de inflamabilidade.....	13
2.4 Os fundamentos físico-químicos das explosões.....	14
3. EXPLOSÃO DE PÓ.....	17
3.1 Riscos de explosão a partir de poeiras combustíveis.....	17
3.2 Quantidade de ocorrências e nível de criticidade dos eventos relacionados à explosão de pó.....	21
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS.....	

1. INTRODUÇÃO

Substâncias inflamáveis na forma de líquidos, vapores, gases ou partículas sólidas (poeiras e fibras) ao se combinarem com o oxigênio do ar podem formar uma mistura explosiva.

Essa atmosfera ou mistura explosiva pode ser gerada durante a produção, processamento, transporte ou armazenamento dessas substâncias.

A presença de equipamentos elétricos em áreas com atmosferas explosivas constituem uma das principais fontes de ignição dessas atmosferas quer pelo centelhamento normal proveniente da abertura e fechamento dos circuitos, quer pela temperatura elevada atingida durante a operação normal ou em condições de falha.

Além disso, execução de serviços que utilizem chama aberta como o de soldagem e os que produzem centelhas de origem mecânica, como esmerilhamento e jateamento abrasivo, quando realizados próximos de ambientes que possam formar essas atmosferas explosivas, também poderão atuar como fontes de ignição.

Muitas pessoas desconhecem que alguns pós possuem características explosivas, o que os tornam ainda mais perigosos que substâncias líquidas ou gasosas mais conhecidas da população em geral como é o caso da gasolina, do álcool, do gás de cozinha e do gás veicular.

Isto decorre do fato de eventos envolvendo explosões em pó possuírem baixa frequência de ocorrência, da falta de divulgação dos mesmos e da falta de literatura específica, em língua portuguesa, sobre o tema.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Equipamentos elétricos e outros meios que possam representar fontes de ignição, quando instalados em áreas onde existem produtos inflamáveis sendo manuseados, processados ou armazenados necessitam de cuidados especiais que garantam a preservação da vida humana, do meio ambiente e do patrimônio.

Essas fontes de ignição em potencial podem ser divididas em fontes gerais e fontes específicas.

Fontes de ignição gerais tais como chama aberta, equipamento de solda, etc. podem ser controladas numa área de risco. Seu uso está geralmente sujeito a regulamentos e procedimentos de segurança. Entretanto, algumas fontes de ignição estão presentes em função da própria operação da planta, por exemplo, cargas eletrostáticas durante transferência de pós e líquidos, ou ignição por fricção durante moagem. Os equipamentos elétricos estão em algum lugar entre as duas. (JORDÃO, 2002, p.42 e 43)

Por suas próprias características, os equipamentos elétricos podem representar fontes de ignição, quer seja pelo centelhamento natural (devido à abertura ou fechamento dos contatos), quer seja por aquecimento de algum componente do circuito, devido a alguma anormalidade do processo.

Indústrias processadoras de produtos onde em qualquer fase da produção, estes se apresentem na forma de pó são indústrias que possuem alto potencial de risco quanto à ocorrência de explosões e incêndios.

Materiais em forma de pó, em função das suas características físico-químicas, podem apresentar potencial para formar atmosferas explosivas, sendo que a explosão de um pó caracteriza-se pela rápida propagação da combustão e pela correspondente produção de energia.

A poeira depositada ao longo do tempo nos mais diversos locais da planta industrial, quando agitada ou colocada em suspensão e na presença de uma fonte de ignição, com energia suficiente para a primeira deflagração poderá explodir, causando vibrações subsequentes pela onda de choque; fazendo com que mais pó

depositado entre em suspensão e mais explosões aconteça cada qual mais devastadora que a anterior, causando prejuízos irreversíveis ao patrimônio, paradas no processo produtivo, invalidez ou morte. (ANDRADE; BOREM, 2004, p.7)

A possibilidade da explosão de uma nuvem de pó está condicionada pela dimensão de suas partículas, sua concentração, a concentração de oxigênio e a potência da fonte de ignição.

Para um melhor desenvolvimento do trabalho, faz-se necessária uma breve explanação sobre a formação de uma atmosfera explosiva.

2.1. Atmosferas explosivas

Indústrias que produzem, processam, transportam ou armazenam produtos inflamáveis estão sujeitas ao aparecimento de zonas potencialmente explosivas.

Essas substâncias inflamáveis na forma de líquidos, gases ou partículas de poeira e fibras, ao se combinarem com o oxigênio do ar podem formar uma mistura explosiva. A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR IEC 60079-10 define atmosferas explosivas como sendo uma “mistura com o ar, sob condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor, névoa ou poeira, na qual, após a ignição, inicia-se uma combustão auto-sustentada através da mistura remanescente”.

A interação entre oxigênio (comburente), substância inflamável (combustível) e fonte de ignição, gera o conhecido “Triângulo do Fogo” (Figura 1).

Sob certas condições esta interação pode provocar uma reação em cadeia, transformando-se no “Tetraedro do Fogo” (Figura 2), que na maioria das vezes, é impossível controlar.



Figura 1: Triângulo do fogo.
Fonte: Seito (2008) - Adaptação (o autor).



Figura 2: Tetraedro do fogo.
Fonte: Seito (2008) - Adaptação (o autor).

Normalmente, o início da combustão ocorre quando se adiciona o calor de uma fonte externa a um combustível, a exemplo da madeira em uma fogueira que necessita da chama para iniciar o processo de queima. Devidos às suas características, alguns materiais se queimam mais rapidamente que outros.

Em geral, o grau de inflamabilidade de uma substância sólida ou líquida é proporcional à facilidade com que esta se transforma em vapor, visto que, para haver queima é necessário que aconteça esta transformação.

2.2.Principais propriedades das substâncias inflamáveis

Determinadas propriedades das substâncias inflamáveis afetam diretamente o grau de risco e o comportamento dessas quando liberadas para a

atmosfera. A seguir estão definidos os conceitos das principais propriedades: ponto de fulgor, ponto de ignição, ponto de combustão, energia mínima de ignição e limites de inflamabilidade.

Segundo R. STAHL SCHALTGERATE GMBH (1999), o ponto de fulgor de um líquido inflamável é a temperatura mínima na qual um líquido libera vapor em concentração suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar perto da superfície do líquido em condições normais de pressão.

Se o ponto de fulgor de um líquido inflamável está muito acima da temperatura máxima que possa surgir, a atmosfera explosiva pode não ser formada. O ponto de inflamação de uma mistura de várias substâncias pode ser menor que a dos seus componentes individualmente.

Porém, a essa temperatura, a quantidade de vapor emitido não é suficiente para manter uma queima contínua sendo que, quando a fonte é retirada, essa reação não consegue ser mantida.

De acordo com a CETESB (2010), o ponto de ignição ou *flash point*, pode ser definido como a menor temperatura onde uma substância combustível libera vapores em quantidades mínimas na qual a mistura de gás-ar ou vapor-ar entra em ignição com o surgimento de uma chama.

Jordão (2002, p. 10), define que “a menor temperatura na qual a mistura de vapor com o ar é inflamada por uma fonte externa de ignição continua a queimar constantemente acima da superfície chama-se ponto de combustão”.

Já para R. STAHL SCHALTGERATE GMBH (1999), a energia mínima de ignição é definida como a menor quantidade de energia convertida suficiente para inflamar uma atmosfera explosiva.

2.3. Limites inferior e superior de inflamabilidade

Para que uma substância inflamável possa queimar, é necessário que exista (como visto anteriormente), uma fonte de ignição e uma “mistura ideal” entre o oxigênio do ar e o combustível. Como a quantidade de oxigênio no ar é praticamente constante (algo em torno de 21% de volume), a quantidade de combustível necessária para efetivação da queima dependerá de cada produto e sua dimensão se dá através de duas constantes: Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) e Limite Superior de Inflamabilidade (LSI).

O limite inferior de inflamabilidade é definido por Jordão (2002) como a mínima concentração na qual uma mistura explosiva é capaz de provocar a combustão do produto, a partir do contato com uma fonte de ignição. A temperatura a ela associada é chamada de ponto inferior de inflamabilidade.

Conforme a CETESB (2001), concentrações abaixo do LII não são combustíveis, pois nesta condição, tem-se excesso de oxigênio e pequena quantidade do produto para a queima, sendo a mistura considerada "pobre".

Já o limite superior de inflamabilidade é definido por Jordão (2002) como a máxima concentração de uma mistura explosiva é capaz de provocar a combustão do produto, a partir de uma fonte de ignição. A temperatura a ela associada é chamada de ponto superior de inflamabilidade.

Também de acordo com a CETESB (2001), concentrações acima do LSI não são combustíveis, pois, nesta condição, tem-se excesso de produto e pequena quantidade de oxigênio para que a combustão ocorra, é a chamada "mistura rica".

Pode-se então concluir que os gases ou vapores combustíveis só queimam quando sua percentagem em volume estiver entre os limites (inferior e superior) de inflamabilidade que, conforme descrito pela CETESB (2001) é a "mistura ideal" para a combustão. Na Figura 3 é apresentado um esquema representativo para os Limites de Inflamabilidade.

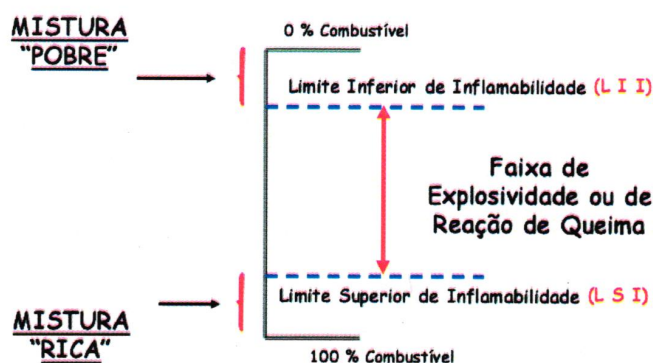


Figura 3: Limites de inflamabilidade.
Fonte: Theobald (2009) - Adaptação (o autor).

2.4. Os fundamentos físico-químicos das explosões

Quando substâncias combustíveis são inflamadas, é possível a ocorrência de chama, deflagração, explosão ou detonação, que irá depender das

condições em que estas substâncias se encontram. Se, uma “mistura rica” for inflamada, ter-se-á a ocorrência de uma chama. Iniciada a combustão, o calor desprendido pela reação mantém o processo em atividade.

Para que a reação de queima se mantenha uma vez iniciada, é necessário que as seguintes condições sejam satisfeitas: suficiente quantidade de substância combustível, suficiente quantidade de substância comburente (normalmente o oxigênio do ar) e temperatura da substância acima de uma temperatura mínima. Apenas quando essas três condições forem satisfeitas e mantidas é que a reação de queima (incêndio) continua. (THEOBALD, 2004, p. 6)

De um modo geral, várias condições devem estar presentes para ocorrer uma explosão.

Segundo Esteves (2002), o material existente na atmosfera precisa ser inflamável e estar em condições propícias de temperatura e pressão. Uma nuvem (ou massa de gás) em condições de inflamabilidade necessita ser formada antes da ignição e uma parte da nuvem (ou massa de gás) necessita estar dentro dos limites de inflamabilidade.

A Figura 4 indica as condições que precisam ser reunidas para ocorrer uma explosão:



Figura 4: Condições para ocorrência de explosão.
Fonte: Theobald (2009) - Adaptação (o autor).

Os efeitos da onda de pressão que se propagará após o combustível se inflamar, serão determinados pela velocidade de propagação da chama. Em função dessa velocidade é possível distinguir três fenômenos: deflagração, explosão e detonação.

A ABNT NBR 13860 define deflagração como sendo “explosão que se propaga à velocidade subsônica”; explosão como sendo “fenômeno acompanhado de rápida expansão de um sistema de gases seguida de uma rápida elevação na pressão e, detonação como sendo “explosão que se propaga à velocidade supersônica, caracterizada por uma onda de choque”.

Nas deflagrações, a chama e a onda de pressão podem se propagar com a mesma velocidade, podendo atingir até 100 m/s e desenvolve pressões de até 3 bar. Nas explosões, a onda de pressão vem à frente da chama, a velocidade de propagação pode chegar a cerca de 300 m/s e atingir 10 bar.

Nas detonações, a onda de choque se propaga rapidamente na atmosfera causando variações instantâneas (altas densidades, pressão e velocidade molecular). Com isso, a velocidade de propagação pode atingir valores acima de 300 m/s e pressões acima de 12 bar.

Então, pode-se concluir que a diferença entre esses três fenômenos está na velocidade de propagação e na pressão.

Na Figura 5 encontra-se a representação das ondas de pressão decorrentes do processo de combustão. Quando o processo é lento, a expansão é lenta e a onda de pressão se caracteriza por um acréscimo gradual (curva “A”), gerando uma onda de sobre-pressão. Se a expansão for rápida a onda é caracterizada por um súbito acréscimo do valor da pressão (curva “B”) resultando em uma onda de “choque”, cujos efeitos apresentam alta magnitude.

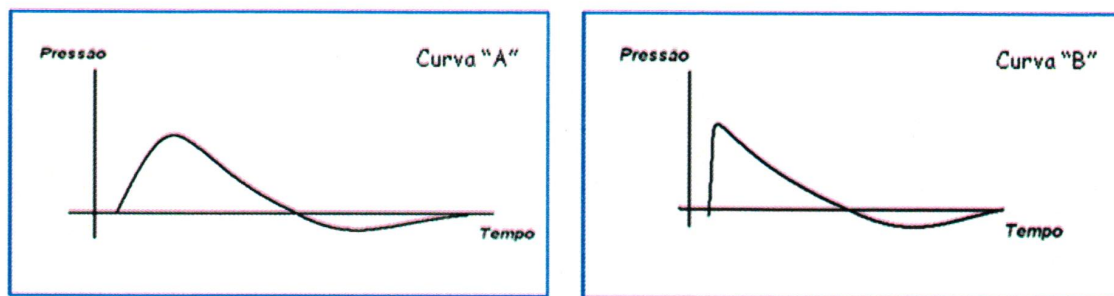


Figura 5: Ondas de pressão e choque envolvidas processo de combustão
Fonte: Esteves (2002) - Theobald (2009).

3. EXPLOSÃO DE PÓ

Pouco conhecida no Brasil, as explosões de pó já vitimaram diversas pessoas tanto aqui no país como também pelo restante do mundo, além de terem gerado grandes danos ao patrimônio.

Os ambientes mais propícios para o acontecimento do fenômeno são os pólos industriais de produção e armazenamento de cereais, fabricação de rações e secagem e armazenagem de grãos.

A grande maioria das substâncias combustíveis em forma de pó é capaz de causar uma explosão se estiverem suspensas, em forma de pó fino ou poeira no ar ou em qualquer outra atmosfera comburentes.

De acordo com (R. STAHL SCHALTGERATE GMBH, 2004), oitenta por cento de todas as poeiras industriais são combustíveis.

Aliado a isso, o fato de muitas pessoas desconhecerem as características explosivas de alguns pós, transforma-os em ainda em mais perigosos do que outras substâncias explosivas mais conhecidas como a gasolina e a pólvora.

Quase todos os materiais orgânicos como farinha, açúcar, amido, produtos farmacêuticos, na forma de pó fino ou poeiras representam um risco de explosão. Metais em pó como o alumínio ou o magnésio também apresentam este risco.

3.1. Riscos de explosão a partir de poeiras combustíveis

Semelhante ao que acontece com os combustíveis líquidos e gases inflamáveis, pó ou poeira combustível misturados com o ar e em presença de uma fonte de ignição podem provocar explosões.

Explosões de poeiras têm características diferentes das explosões de líquidos e gases e em alguns casos, seus efeitos podem ser muito mais devastadores.

Diferentemente dos gases, que são prontamente identificados por sua fórmula molecular, não se pode assumir à priori, por exemplo, que o algodão produzido por um determinado fornecedor tenha o mesmo Limite Inferior de

Inflamabilidade que o indicado na Tabela 1 apresentada mais adiante, pois conforme Júnior (2008), diversas características, como o teor de umidade e a dimensão das partículas afetam esse valor.

Segundo R. STAHL SCHALTGERATE GMBH (2004), se uma mistura de gás e ar é inflamada, a força da explosão resultante faz com que a nuvem de gás se dissipe rapidamente, diminuindo sua concentração, tornando-se menor do que o necessário para a combustão. Assim, se nenhum gás for adicionado ao ambiente, a atmosfera explosiva se extingue.

Ainda de acordo com o esse autor, com uma poeira combustível é diferente. Se essa mistura é inflamada, a partir da primeira explosão, várias outras irão ocorrer devido ao movimento do material (em forma de pó) antes depositado ao longo do tempo em razão do próprio processo produtivo, que formarão novas nuvens de poeiras suspensas na atmosfera.

Com pensamento semelhante ao autor supracitado, Sá definiu:

As explosões de pó se produzem frequentemente em série; muitas vezes a deflagração inicial é muito pequena em quantidade, porém de suficiente intensidade para colocar o pó das cercanias em suspensão, ou romper peças de máquinas ou instalações dentro do edifício, como os coletores de pó, com o que se cria uma nuvem maior através do qual pode se propagar explosões secundárias. Não é raro, produzir-se uma série de explosões que se propaguem de um edifício a outro. (SÁ, 2010, p. 6)

Para que exista risco de explosão em ambientes onde estejam concentrados produtos inflamáveis na forma de poeira, é necessário apenas que as partículas sejam menores do que 1mm, o que não é raridade na indústria de processamento. Conforme Jordão (2002), existe nos processos produtivos vários exemplos de materiais, cuja dimensão varia entre 0,1 a 0,001mm.

Ainda de acordo Jordão (2002, p.38), “quanto mais fino for o pó, mais violenta será a explosão resultante e numa relação diretamente proporcional, menor será a energia mínima para causar a ignição”.

Para cada tipo de pó combustível, existe uma concentração mínima abaixo da qual a explosão não ocorre.

Essa concentração mínima de explosividade depende essencialmente da granulometria, da energia mínima de ignição, da presença de oxigênio do ar e que esteja dentro de um ambiente confinado (necessário para se obter as concentrações ideais, tanto do combustível quanto do comburente).

Igualmente aos gases e vapores inflamáveis, as poeiras também possuem um parâmetro de concentração com o ar, o que determina os limites inferior e superior de inflamabilidade.

Segundo Jordão (2002, p. 39), “geralmente o limite inferior de inflamabilidade dos pós industriais se situa numa faixa de 20 a 60 g/m³ (nas mesmas condições ambientais de pressão e temperatura)”.

É importante ressaltar que, as poeiras podem ser inflamadas estando suspensas no ar (na forma de nuvem), formando uma mistura poeira-ar, ou também através do acúmulo de poeiras no local de trabalho, depositada nos pisos, elevadores, túneis e transportadores ao longo do tempo.

No caso de poeiras acumuladas, quando são aquecidas até o ponto de liberação de gases de combustão, estas poderão se inflamar com o auxílio de uma fonte de ignição.

Quando o pó se acumula em camada sobre uma superfície aquecida, essa camada começa a se desidratar, e inicia um processo de combustão passiva, chamada de combustão sem chama. Se a poeira tem características de isolante térmica, ela retém o calor e a temperatura de combustão sem chama diminui, aumentando o risco. Basta, então, que haja uma movimentação do ar próximo ao local onde está acontecendo o fenômeno, para que uma chama se manifeste, podendo gerar uma onda de choque e iniciar um incêndio, cuja pressão poderá levantar a poeira depositada em outros locais, formando nuvens que facilmente explodirão, e por sua vez essa onda de pressão, por similaridade, provocará outras explosões. (JORDÃO, 2002, p. 40 e 41)

A Tabela 1 apresenta alguns exemplos de produtos granulados ou pulverizados que se apresentam como risco para a ocorrência de incêndio ou explosão:

Tabela 1: Dados de explosividade de produtos granulados ou pulverizados

Substância	T. I (°C)	E.M.I (mJ)	L.I.I (g/m³)	P.M.E (bar)	C.T
Algodão	560	25	-	7,2	T3
Celulose	500	35	-	8,0	T3
Madeira	400	-	30	10,0	T3
Papel	540	-	30	8,6	T3
Cacau	580	100	125	7,4	T2
Polietileno	360	10	15	7,6	T3
Alumínio	530	50	15	12,1	T3
Bronze	390	-	750	4,1	T4
Enxofre	280	15	30	6,7	T4

Fonte: Jordão (2002).

Onde:

T.I = Temperatura de Ignição;

E.M.I = Energia Mínima de Ignição

L.I.I = Limite Inferior de Inflamabilidade;

P.M.E = Pressão Máxima de Explosão;

C.T = Classe de Temperatura.

Um parâmetro importante a ser observado é o índice de explosividade, que é determinado a partir da temperatura de ignição, da energia mínima de ignição, da pressão máxima de explosão e da variação máxima de elevação de pressão.

Para Jordão (2002, p.42), “para índices menores ou iguais a 01, as explosões respectivas são consideradas fracas e para índices maiores ou iguais a 10, as explosões são violentas”.

As fontes de ignição consideradas gerais como chamas abertas, arcos elétricos e faíscas de fricção podem ser controladas sendo determinada uma área de risco, onde o uso desses meios está sujeito a procedimentos de segurança específicos.

Porém, algumas fontes estão diretamente ligadas ao próprio processo produtivo, como por exemplo, cargas eletrostáticas durante transferência de pós e líquidos ou fricção durante moagem. A maior parte das temperaturas necessárias para por em ignição as nuvens de pó, situam-se entre 300 °C e 600 °C e a grande maioria das potências de ignição estão entre 10 mJ e 40 mJ.

A Tabela 2 indica alguns exemplos de índices de explosividade, temperatura de ignição e energia mínima de ignição de algumas substâncias:

Tabela 2: Índices de explosividade, temperatura de ignição e energia mínima de ignição.

Produto	Índice de Explosividade	Temperatura de Ignição (°C)		Energia Mínima de Ignição (nuvem) (J)
		Camada	Nuvem	
Açúcar em pó	9,6	400 (1)	370	0,03
Amido de milho	9,5	-	400	0,04
Arroz	0,3	450	510	0,10
Farinho de trigo	4,1	440	440	0,06
Milho	6,9	250	400	0,04
Magnésio moído	>10	430	560	0,04
Carvão mineral	1,0	170	610	0,06
Cortiça em pó	>10	210	460	0,035

(1) Ignição por chama. Demais por queima sem chama.

Fonte: Jordão (2002)

3.2. Quantidade de ocorrências e nível de criticidade dos eventos relacionados à explosão de pó

Diferentemente do que ocorre no exterior, os eventos ocorridos no Brasil, relacionados à explosão de pó, não possuem registros confiáveis, resultando em suposições para o que realmente ocasionou a explosão decorrente de poeira combustível.

No exterior, existem organizações oficiais como a *National Fire Protection Association* (NFPA), o *US Chemical Safety and Hazard Investigation Board* (CBS) e a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), que realizam as investigações dos eventos e, além de tornarem público os relatórios dessas investigações, permitem a divulgação das causas e o aprendizado decorrente.

A Tabela 3 apresenta alguns acidentes ocorridos, suas consequências, a quantidades de vítimas e suas prováveis causas, observando a diferença (providências para identificar as causas) entre os eventos ocorridos no Brasil em relação aos ocorridos no exterior.

Tabela 3: Eventos decorrentes de explosão de pó.

MÊS/ANO	DESCRIÇÃO DO EVENTO	VÍTIMAS
01/92	Explosão da célula C-2 do silo vertical do Porto de Paranaguá, em Curitiba (PR). A provável causa apontada para a explosão foi à combustão da poeira de cevada armazenada no local. Fonte: Júnior (2008)	2 mortos 5 feridos
06/93	Explosão de um túnel de expedição de grãos da Cooperativa Agrícola Vale Piqueri (Coopervale), em Assis Chateaubriand (PR). A suposta causa da explosão foi à poeira em suspensão do milho transportado pelo túnel. Fonte: Júnior (2008)	2 mortos 6 feridos
12/95	Explosão seguida de incêndio na Mills, fabricante de tecidos em Mutuem, Massachusetts. Segundo relatório da OSHA, o evento primário foi provavelmente uma explosão de pó envolvendo fibras de nylon. Fonte: Spencer (2009)	37 feridos
11/01	Explosão do depósito da Coinbra, empresa responsável pelo armazenamento de grãos do corredor de exportação do Porto de Paranaguá (PR). A suposta causa foi a limpeza deficiente das esteiras que transportavam os grãos. Fonte: Júnior (2008)	18 feridos
04/08	Explosão na Imperial Sugar Company, em Port Wentworth, na Geórgia. A indústria processava açúcar granulado em pó e tinha 91 anos de existência. Segundo investigações do CSB, a explosão inicial ocorreu em um elevador de canecas. Fonte: Spencer (2009)	13 mortos 40 feridos

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação de atmosferas explosivas constitui-se em um dos principais problemas não só para indústrias que de alguma forma possuem, em seus processos, a presença de substâncias inflamáveis ou combustíveis, como também para atividades industriais que em qualquer das suas etapas apresentem produtos em forma de pó.

Os processos que envolvem substâncias inflamáveis ou combustíveis por apresentar, reconhecidamente, um alto grau de risco de acidentes, recebem um acompanhamento mais próximo. Sobre esses processos são realizados diversos estudos de análise de risco e através deles procedimentos operacionais e de segurança estão sempre sendo implantados e aperfeiçoados.

Por outro lado, de grande importância para a economia brasileira, a agroindústria representa uma relevante parcela do Produto Interno Bruto nacional, gerando renda e emprego e concentrando uma grande quantidade de unidades para armazenagem e beneficiamento da produção.

Porém, diferentemente do que ocorrem com as primeiras, as indústrias que operam com substâncias em forma de pós não recebem o mesmo tratamento quando à questão de acidentes relacionados à incêndio ou explosão. A falta de informação sobre o potencial de risco para eventos desta natureza faz com que essa indústria aparentemente não represente uma fonte de preocupação.

Aliado a isso, o baixo nível de divulgação sobre eventos acidentários nessa indústria, especialmente quanto às causas desses eventos contribui para o desconhecimento, contribuindo para o aumento da quantidade de ocorrências e criticidade dos eventos.

A grande maioria dos trabalhadores dessa indústria desconhece que, por exemplo, o açúcar ou o milho são substâncias que podem colocar pelos ares uma unidade fabril, e que uma empresa que processa arroz ou farinha de trigo pode ser tão perigosa quanto outra que processe gás natural.

Por isso, é necessário que políticas governamentais de segurança sejam implantadas para regulamentar a operação das indústrias ligadas à produção e

beneficiamento de substâncias explosivas em forma de pó. Que seja implantada nos cursos relacionados à área agrícola uma disciplina que aborde esse tema com clareza e objetividade, e que se construa no país uma cultura de investigação e divulgação das causas dos eventos acidentários, que permita o aprendizado e a incorporação de melhorias aos processos produtivos, reduzindo a probabilidade de vítimas e danos ao patrimônio.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-13.860 – Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____. **NBR IEC – 60079-10 – Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – parte 10: atmosferas explosivas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ANDRADE, Ednilton Tavares; BORÉM, Flávio Meira. A safra pelos ares. **Revista Cultivar**, n.28, março de 2004. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=725>>. Acesso em fevereiro de 2010.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/aspectos/aspectos_perigos_inflamavel.asp>. Acesso em fevereiro de 2010.

JORDÃO, Dácio de Miranda. **Manual e instalações elétricas em indústrias químicas, petroquímicas e de petróleo – atmosferas explosivas**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitumark, 2002.

ESTEVES, Alan da Silva. **Deflagração e detonação – fundamentos e mecanismos de sua formação**. E&P CORPORATIVO, Salvador/BA, outubro de 2002.

JUNIOR, Estelito Rangel. Os pós: lobo em pele de cordeiro. **Revista o setor elétrico**, junho de 2008. Disponível em: <<http://www.internex.eti.br/estellitopremioabracopel2009.pdf>>. Acesso em: março de 2010.

R. STAHL SCHALTGERÄTE GMBH e R. STAHL FÖR DER TECHNIK GMBH. **Basics of Explosion Protection**. Künzelsau, Germany, jul. 1999. Disponível em: <<http://www.stahl.de>>. Acesso em: fevereiro de 2010.

_____. **The basics of dust - explosion protection**. Künzelsau, Germany, abril. 2004. Disponível em: <<http://www.stahl.de>>. Acesso em: fevereiro de 2010.

SÁ, Ary. **Prevenção e controle dos riscos com poeiras explosivas**. Disponível em: <http://www.anest.org.br/noticias/explosoes_poeiras_siteanest_R1.pdf>. Acesso em fevereiro de 2010.

SEITO, Alexandre Itiu. Fundamentos de fogo e incêndio. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SPENCER, Amy Beasley. Explosão de pó – Artigo de capa. **Revista NFPA Journal Latinoamericano**, n.03, março de 2009, ano 10.

THEOBALD, Roberto. **Material didático da disciplina Proteção contra Explosões**. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tiradentes. Aracaju, 2004.

_____. **Material didático da disciplina Proteção contra Incêndios e Explosões**. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Aracaju, 2009.