



**UNIVERSIDADE DO VALE DO  
ITAJAÍ  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
DA TERRA E DO MAR  
Curso Superior de Tecnologia em Gestão de  
Emergências**

**INCÊNDIOS E EXPLOSÕES EM SILOS RELACIONADO COM A  
POEIRA DE CEREAL**

Ac: Erisvaldo de Oliveira Alves

Orientadora: Rachel Faverzani Magnago, Dra

Co-orientadora: Rozeli de Sousa Matos Oliveira, Eng<sup>a</sup> CBMSC

São José, Junho/2009



**UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS**  
**DA TERRA E DO MAR**  
**Curso de Superior de Tecnologia em Gestão de**  
**Emergências**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**INCÊNDIOS E EXPLOSÕES EM SILOS RELACIONADO COM A**  
**POEIRA DE CEREAL**

Erisvaldo de Oliveira Alves

Monografia apresentada à banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Gestão de Emergências, parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão de Emergências.

São José, junho/2009

ERISVALDO DE OLIVEIRA ALVES

**INCÊNDIOS E EXPLOSÕES EM SILOS RELACIONADO COM A  
POEIRA DE CEREAL**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências, da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação de São José.

Florianópolis, 15 de junho de 2009.

Prof. Dra. Rachel Faverzani Magnago  
UNIVALI – CE de São José  
Orientadora

Eng<sup>a</sup> Rozeli de Sousa Matos Oliveira  
Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina  
Co-orientadora

Major Vanderlei Vanderlino Vidal  
Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina  
Membro

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais: José Wilson Alves e Creusa Maria de Oliveira Alves, responsáveis primários por essa conquista, tão importantes para mim pelo apoio e incentivo em todos os passos da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, pois sem ele não teria chegado até aqui com tantas vitórias.

Aos meus pais, figuras exemplares que sempre serviram de espelho pelas palavras de incentivo e por todo amor e carinho que me foi dado.

Agradeço meus irmãos, Vanda, Naldo, Neide e Beatriz, que muito mais do que irmãos, foram e serão sempre grandes amigos.

A minha noiva Lucilene, pelo amor, carinho e paciência, sempre estando presente, mesmo que em pensamentos, me dando ânimo nas horas mais difíceis.

Aos meus companheiros de turma, que sempre estiveram presentes nesse período de formação.

Agradeço a minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Rachel Faverzani Magnago, pelos conhecimentos, paciência e tempo dedicado para a conclusão desse trabalho.

Agradeço a minha co-orientadora, Eng<sup>a</sup> Rozeli, e ao Major BM Vanderlino, pelos conhecimentos, e ajuda para a conclusão desse trabalho.

Ao Comando da Academia, aos instrutores militares e aos professores da Univali, que repassaram os conhecimentos necessários para minha qualificação necessária ao exercício das funções de oficial do Corpo de Bombeiro Militar.

"Liberdade, esta palavra, que o sonho humano alimenta/que não há ninguém que explique/nem ninguém que não entenda"

**Cecília Meireles**

## RESUMO

ALVES, Erisvaldo de Oliveira. **Incêndios e Explosões em Silos Relacionado com a Poeira de Cereal**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2009.

O estudo é direcionado a análise do risco de explosões e incêndios em silos de cereais, tendo em vista a poeira dos cereais em suspensão ou depositada em camadas na unidade armazenadora, para isso é apresentada algumas considerações gerais sobre a armazenagem no Estado catarinense, a identificação dos tipos e componentes dos silos, quais as características; riscos; elementos e condições dos sinistros dessa natureza, os principais métodos de proteção indicados para ambientes que contenham pó de cereais e como o Corpo de Bombeiro Militar do Estado de Santa Catarina tem registrado na Norma de Segurança Contra Incêndio os silos de cereais. Este trabalho utilizou a revisão bibliográfica dando ênfase a revistas especializadas na área de segurança do trabalho e a verificação de como outros corpos de bombeiro incluíram os silos de cereais em suas normas de segurança contra incêndio, por fim propõe mudanças em relação aos silos de cereais nas próximas revisões da Norma de Segurança Contra Incêndio do Estado de Santa Catarina.

**Palavras-chave:** Silos, Poeira de Cereal, Corpo de Bombeiros.

## **ABSTRACT**

The study is directed to examine the risk of explosions and fires in grain silos, giving special attention to the grain dust in suspension or deposited in layers in the storage unit, to do that in this document are presented some general considerations about the storage in Santa Catarina state, identifying the types and components of the silos, which are the characteristics, risks, factors and conditions of this type of disaster, the main methods of protection advised to environments containing grain dust and what the Military Fire Department of the State of Santa Catarina says about the grain silos in the fire safety standard.

This study is based on a literature review emphasizing the specialized journals in the area of safety at work and checking on how other fire departments included the grain silos in their standards of fire safety, finally will propose changes based in grain silos, in the next reviews of the fire safety standard of the State of Santa Catarina.

Keywords: Silos, Dust of Cereal, Fire Department.

.

## LISTA DE FIGURAS, FOTOS E TABELAS

Figura 1: Tetraedro do Fogo.....	31
Foto 1: Detalhe dos cabos do sistema de termometria.....	23
Foto 2: Silos Verticais.....	44
Foto 3: Silo Horizontal. ....	45
Foto 4: Explosão de silos .....	56
Foto 5: Explosão Porto Paranaguá .....	59
Tabela 1: Pesquisa de estoque segundo semestre de 2007 .....	21
Tabela 2: Pesquisa de estoque segundo semestre de 2007 .....	46

## LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1: Tipo de Explosão.....	36
Quadro 2: Dados por tipo de pó .....	37
Quadro 3: Algumas Poeiras Agrícolas .....	38
Quadro 4: Pressões por tipo de pó.....	39
Quadro 5: Classificação das Edificações e Áreas de Risco Quanto à Ocupação. ....	70
Quadro 6: Medidas de Segurança para grupo agroindústria.....	72
Gráfico 1: Armazenagem de grãos no País. ....	22
Gráfico 2:Locais de instalações de silos .....	23
Gráfico 3: Explosões em silos de grãos nos EE UU, 1958 <sup>a</sup> 1975. ....	33
Gráfico 4: Fontes de Ignição. ....	34
Gráfico 5: Capacidade Estática.....	47

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 OBJETIVOS .....	16
2 1 Objetivo Geral .....	16
2 2 Objetivos Específicos .....	16
3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	17
4 ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS DEVIDO A POEIRA DE CEREAIS .....	24
4 1 POEIRA .....	24
4 2 EXPLOSÕES .....	25
4 2 1 Dimensão das partículas .....	26
4 2 2 Concentração .....	27
4 2 3 Impurezas .....	27
4 2 4 Concentração de oxigênio .....	28
4 2 5 Fontes de ignição.....	28
4 2 6 Explosões Primárias e Secundárias .....	29
4 3 INCÊNDIOS .....	30
4 3 1 Tetraedro do fogo .....	30
4 4 CONDIÇÕES DE INCÊNDIOS OU EXPLOSÕES EM SILOS DE CEREAIS..	32
4 4 1 Fontes de ignição.....	33
4 4 2 Eletricidade estática.....	34
4 4 3 Intensidade da reação .....	35
5 DEFINIÇÕES SOBRE UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE CEREAIS E SILOS .....	42
5 1 1 Unidade armazenadora vertical .....	42

5 1 2 Unidade armazenadora horizontal .....	42
5 1 3 Baterias.....	43
5 2 SILOS .....	43
5 2 1 Silos elevados.....	44
5 2 2 Silos horizontais.....	45
5 2 3 Silos herméticos.....	45
5 3 TRANSPORTADORES.....	47
5 4 OPERAÇÕES .....	50
5 4 1 Descarga .....	50
5 4 2 Carga .....	50
5 4 3 Secagem.....	51
5 4 4 Limpeza .....	51
5 4 5 Moagem.....	52
6 OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS E EXPLOSÕES POR POEIRA DE CEREAIS..	54
7 A NORMA DE SEGURANÇA E OS SILOS DE CEREAIS .....	62
7 1 Banco de Dados.....	63
7 2 Competência.....	64
7 3 A norma de segurança contra incêndios.....	64
7 3 1 Classificação.....	64
7 3 2 Dificuldade de classificação.....	66
7 3 3 Sistemas de proteção .....	66
7 3 4 Requisitos para atividade industrial .....	67
7 3 5 Requisitos para atividade comercial .....	68
7 3 6 Equipamentos intrinsecamente seguros .....	68
7 3 7 A Instrução Normativa (IN nº 034/DAT/CBMSC).....	69

7 4 Considerações sobre silos e grãos de cereais em outras NSCI's.....	70
8 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS E MEDIDAS DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS E EXPLOSÕES EM SILOS.....	73
9 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	80
10 CONCLUSÃO.....	81
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	82
12 REFERÊNCIAS.....	84

# 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, Os Corpos de Bombeiro são sinônimo de combate a incêndio, no entanto, a sociedade moderna criou novos anseios e necessidades que foram preenchidas e abraçadas por estas instituições, foram inseridas no rol de responsabilidades o atendimento pré-hospitalar, a atividade técnica e o salvamento aquático, dentre outras.

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina foi emancipado da Polícia Militar em 13 de junho de 2003. O curto histórico institucional exige que aos poucos a instituição se adéque e aprimore suas legislações no tocante à segurança contra incêndio.

Dentre as atividades previstas na Constituição Estadual, relacionadas com a prevenção contra incêndio, temos no art 108.

I – Realizar os serviços de prevenção de sinistros ou catástrofes, de combate a incêndio e de busca e salvamento de pessoas e bens e o atendimento pré-hospitalar;

II – estabelecer normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio, catástrofe ou produtos perigosos;

III – analisar, previamente, os projetos de segurança contra incêndio em edificações, contra sinistros em áreas de risco e de armazenagem, manipulação e transporte de produtos perigosos, acompanhar e fiscalizar sua execução, e impor sanções administrativas estabelecidas em Lei. [ ... ]

De acordo com o texto constitucional é função do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina (CBMSC), normatizar e fiscalizar a proteção contra incêndio no Estado.

Segundo o Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul de Santa Catarina (BRDE), o milho é produzido em praticamente todo o Estado. “Nos últimos 10 anos, em termos gerais, a produção de grãos (trigo, arroz, feijão, milho e soja), aumentou 32,0%, enquanto a área plantada foi reduzida em 19%”. (BRDE, 2003, p.11)

Dentre os cereais encontrados nos locais onde ocorre a maioria dos acidentes, o milho destaca-se na produção catarinense por ser produzido e estocado em todo o Estado.

Existe o perigo de explosões e incêndios em silos de cereais. Junior (2006) afirma que nos últimos anos, notícias sobre incêndios e explosões em instalações que processam grãos têm sido veiculadas freqüentemente na mídia brasileira. Catástrofes envolvendo prejuízos de milhões de dólares e com vítimas fatais já não são mais ocorrências exclusivas de países como Estados Unidos, França ou Espanha.

É imprescindível uma análise condizente do tema e a inserção de uma cultura voltada á proteção de ambientes onde haja a manipulação de poeira. “A manutenção de sistemas de coleta tratamento e análise de dados sobre incêndios permite organizar programas de proteção, prevenção contra incêndios e educação em nível local e nacional.” (SEITO *et al*, 2008, p.1).

A pesquisa tem por finalidade responder a seguinte questão:

Quais os riscos de incêndios e explosões em silos de armazenamento de cereais, relacionados com a concentração de partículas de poeira em suspensão?.

## **2 OBJETIVOS**

### **2 1 Objetivo Geral**

Investigar o risco de incêndios e explosões, relacionado com o nível de poeira e as prováveis fontes de ignição geradas no interior de silos de armazenamento de cereais.

### **2 2 Objetivos Específicos**

- Analisar, a influência da poeira de cereais nos incêndios e explosões em silos de armazenamento.
- Analisar, a relação entre a concentração de poeira de cereais com as possíveis fontes de ignição;
- Identificar, os melhores sistemas de proteção contra incêndio para silos de armazenamento de cereais;
- Servi de Subsídio para a elaboração de dispositivo normativo de prevenção contra incêndio nesses locais;

### 3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A missão principal dos Corpos de Bombeiros é salva vidas e bens. Para bem cumprir este objetivo devem atuar no momento do sinistro, de forma rápida e eficiente, mas atuar de forma reativa não é o suficiente. Com o desenvolvimento e a integração de novas tecnologias ficou cada vez mais evidente a necessidade de transformações.

Logo após o incêndio do edifício Andraus, o então Ministério do Exército, por meio de sua Inspeção Geral das Polícias Militares (IGPM), produziu as Normas de Orientação para a Organização das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares, determinando que o corpo de bombeiros, inseridos nas Polícias Militares (PPMM), fossem organizados em comandos e quadros de pessoal próprios. Os comandos próprios foram criados em todo o Brasil e, a partir da Constituição Federal de 1988, essas organizações iniciaram o movimento de desvinculação das PPMM, afastando-se de uma estrutura ligada ao Sistema de Persecução Penal, do qual não fazem parte. Até então, os únicos corpo de bombeiros desvinculados eram os do Rio de Janeiro e do Distrito Federal. ( SEITO *et al*, 2008, p. 30)

Algumas ocorrências como os incêndios no edifício Andraus em 24 de Fevereiro de 1972, e posteriormente no edifício Joelma em 1 de Fevereiro de 1974 no Estado de São Paulo, exigiram uma enérgica mudança de atitude por parte das autoridades. (SEITO *et al*, 2008, p. 11) “Essas tragédias provocaram mudanças na legislação, nas corporações de bombeiros, nos institutos de pesquisa e, principalmente, foi iniciado um processo de formação de técnicos e pesquisadores preocupados com essa área de conhecimento”. O que levou a criação de normas de segurança contra incêndios por praticamente todo o Brasil.

A urbanização alucinante de São Paulo provocou um aumento brutal do risco de incêndios na cidade, que culminou com os incêndios dos edifícios Andraus e Joelma, com um grande número de vítimas humanas, não apenas as que morreram, mas com todas as pessoas envolvidas diretamente nesses incêndios que tiveram suas vidas afetadas, causando mudanças comportamentais e traumas psicológicos pós-incêndio. (SEITO *et al*, 2008, p.11)

Em Santa Catarina a norma em vigor é o Decreto Estadual nº 4.909, de 18 de outubro de 1994 – Normas de Segurança Contra Incêndios (NSCI).

Art 1º – Ficam aprovadas as Normas de Segurança Contra Incêndios, constantes no anexo único, parte integrante deste Decreto.

Art 2º – As Normas têm por finalidade fixar os requisitos mínimos exigidos nas edificações para a segurança contra incêndios no Estado de Santa Catarina.

Art 3º – Todas as ocupações estarão sujeitas as presentes disposições, excetuando-se as edificações unifamiliares.

Art 4º – O exame e a fiscalização nos sistemas de segurança serão feitos pela Polícia Militar do Estado através do Corpo de Bombeiros.

Art 5º – Este Decreto entra em vigor em data de sua publicação.

Art 6º – Ficam revogados o Decreto nº 1.029, de 03 de dezembro de 1987 e demais disposições em contrário.

Casagrande (1999, p.9) ensina que “Em diversos países, o cuidado e atenção nesta área tem-se mostrado fundamental não só para a melhoria de qualidade de vida, mas também para o próprio desenvolvimento social e econômico”.

Os Corpos de Bombeiros estão mais profissionalizados, sendo que não é admissível a utilização de forma empírica, de técnicas incorretas de proteção. A tecnologia traz com si a necessidade de atualizações, novos materiais constitutivos, novos equipamentos de segurança, novos tipos de combustíveis e uma infinidade de possibilidades que podem resultar de uma ocorrência e de um dimensionamento mal administrado.

Para Sá (1998) os incêndios ocorrem com qualquer tipo de material. Influenciando diretamente, a grande quantidade do material e a pequena distância entre as partículas. Além da fonte de ignição é necessário que não ocorra uma propagação instantânea do calor da combustão, gerando uma queima localizada e em camadas.

O mesmo autor afirma que podem ocorrer explosões desde que a poeira esteja suspensa e em concentração adequada, podem ocorrer em locais de moagem, descarga, movimentação, transporte, etc, sendo realizado sem controle de exaustão.

Percentualmente só 4% dos acidentes envolvem uma explosão. Porém, as estimativas de danos causados por uma explosão chegam a US\$ 2,8 milhões por acidente contra US\$ 168 mil de danos provocados pelo incêndio. Este mesmo estudo relata que, de vários equipamentos industriais com alto risco de explosão como moinhos, filtros manga, secadores, correias transportadoras, os mais envolvidos nestes acidentes são os silos de armazenamento. (REVISTA PROTEÇÃO, N 88, 1999, P.43)

O risco tanto de incêndios como de explosões existe, sendo evitado pela eliminação das grandes concentrações de poeira nos ambientes de armazenamento, fato que torna esse procedimento prioritário e obrigatório. “As indústrias que processam produtos que em alguma de suas fases se apresente na forma de pó, são indústrias de alto potencial de risco quanto a incêndios e explosões e devem antes de sua implantação, efetuar uma análise acurada dos mesmos” (SÁ, 1998, p.53). Havendo a necessidade de padronização. Segundo Ferreira (1993) padronizar é a “Uniformização do comportamento dos indivíduos segundo modelos aceitos por um grupo ou impostos pela criação de novos hábitos”, a padronização é tida como uma ferramenta indispensável, na produção de bens e prestação de serviços.

O principal risco em locais de armazenamento de cereais é a concentração da poeira em suspensão, daí a necessidade de se avaliar como evitar esse acúmulo: compartimentação, ventilação, cuidados no projeto, estanqueidade, etc. Verificando qual a melhor forma de proteger essa edificação e os trabalhadores que lá estão.

Principais instalações que sofreram acidentes por explosão de pó são:

- Instalações de silos armazenadores igual a 67%;
- Moinhos de alimentos balanceados igual a 16%;
- Instalações de processamento de milho igual a 3%;
- Moinhos de farinha igual a 2%;
- Outros lugares igual a 12%.

(PÓ MORTAL, [entre 1970 e 1980] *Apud* BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005, p.9.)

Quando se fala em explosão em armazéns, geralmente, relaciona-se a gases e líquidos inflamáveis. No entanto, qualquer material orgânico, que desprende pó e sob certas condições ambientais, pode ocasionar explosões ou provocar incêndios tão devastadores quanto uma explosão em um depósito de explosivos.

Algumas explosões ocorridas no Brasil:

Ceval (Pranchita/PR): Janeiro/85;  
Cotrirosa (Santa Rosa/RS): Agosto/85;  
Porto (Paranaguá/PR): Julho/86;  
Canorpa (Apucarana/PR): Agosto/88;  
Ceval (Xanxerê/SC): Julho/91;  
Porto( Paranaguá/PR): Janeiro/92;  
Coopervale (Assis Chatoubriand/PR): Junho/93.  
Revista CIPA *apud* (CASAGRANDE, 1999, p.14, )

Sem a proteção adequada para a contenção de um sinistro dessa natureza, grandes incêndios e explosões podem acontecer.

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 subseqüentes pela onda de choque; isto fará com que mais pó depositado entre em suspensão e mais explosões aconteçam, cada qual mais devastadora que a anterior, causando prejuízos irreversíveis ao patrimônio, paradas no processo produtivo e o pior, vidas são ceifadas ou perdem sua capacidade elaborativa parcial ou total de forma temporária ou permanente. (BETENHEUSER, FERREIRA, OLIVEIRA, 2005, p.4)

A produção de grãos cresce a cada ano no Brasil, e esse crescimento é acompanhado de uma grande quantidade de locais para a estocagem dos cereais, entre os quais, os silos são utilizados por proporcionarem grande quantidade de estocagem em um menor espaço. (SEITO *et al*, 2008, p. 11) “A produção nas áreas rurais é das maiores do mundo, exigindo grandes silos de armazenamento e agroindústria para beneficiamento, tendo como conseqüência riscos de grandes incêndios e explosões”.

Silos são construções destinadas ao armazenamento de produtos granulares ou pulverulentos a granel, tipicamente utilizados na indústria, agricultura, siderurgia e portos entre outros. Podem ser construído com os mais diversos materiais, como concreto armado, aço, madeira, argamassa armada, etc., porém os mais utilizados atualmente na agricultura são os silos metálicos com chapa corrugada.

O armazenamento de produtos em silos é considerado uma solução de grande viabilidade devido à economia de espaço físico, mão-de-obra e custo de transporte, assim como a possibilidade de conservação do produto ensilado. (PALMA, 2005, p.1).

Souza (1992) afirma que os sinistros ocorrem em ambientes como silos, por possuírem as condições propícias para o seu surgimento, em ordem decrescente tem-se, como principais materiais e ambientes: Poeiras de Cereais; Grandes elevadores e moinhos, Metais finamente divididos; Metalúrgicos e fundições, Carvão finamente dividido; Minas, Farinha em geral; Fábrica de produtos alimentícios e Poeiras de plásticos; Industriais.

A tabela 1 mostra que os silos no Estado de Santa Catarina pertencem quase que de forma igualitária às indústrias, ao comércio e ao serviço de armazenagem. Com exceção dos supermercados, todas as outras atividades relacionadas fazem uso de

silos para a armazenagem dos grãos. Na produção agropecuária, setor forte no Estado, a principal forma de armazenamento é com a utilização de silos, maior capacidade útil superando todos os outros tipos de armazéns juntos.

**Tabela 1: Pesquisa de estoque segundo semestre de 2007, Santa Catarina**

Unidades armazenadoras com indicação do número de informantes e capacidade útil dos armazéns e dos silos, segundo os tipos de atividade do estabelecimento

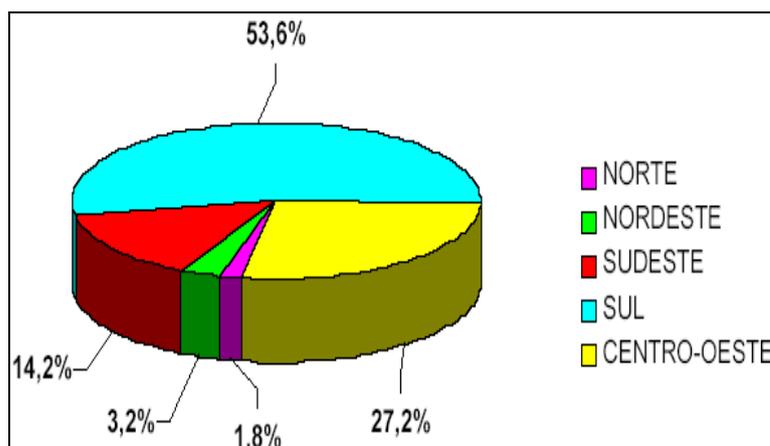
Tipos de atividade do estabelecimento	Total de estabelecimentos	Unidades armazenadoras					
		Armazéns convencionais estruturais e infláveis		Armazéns graneleiros e granelizados		Silos	
		Número de informantes	Capacidade útil (m <sup>3</sup> )	Número de informantes	Capacidade útil (t)	Número de informantes	Capacidade útil (t)
<b>Total</b>	<b>551</b>	<b>429</b>	<b>3.245.888</b>	<b>85</b>	<b>874.304</b>	<b>252</b>	<b>2.278.333</b>
Comércio (exceto supermercado)	236	195	854.694	33	249.492	80	597.795
Supermercado	14	14	316.433	1	2.694	-	-
Indústria	156	123	1.272.363	13	199.670	79	831.207
Serviço de armazenagem	121	81	719.072	34	399.578	74	701.655
Produção agropecuária	24	16	83.326	4	22.870	19	147.676

Fonte: IBGE, 2007.

O BRDE, baseando-se em dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), confirma que a modalidade de armazenamento a granel é a que apresenta maior possibilidade de crescimento dentro do Estado tanto pela aplicação de novas técnicas na colheita e na estocagem, como também pela economia com as embalagens.

A modalidade de armazenamento a granel é a que apresenta maior perspectiva de crescimento no futuro. Os aperfeiçoamentos introduzidos no processo de colheita dos produtos e a nova tecnologia empregada nas atividades de recebimento e expedição das mercadorias, aliados aos elevados custos das embalagens estão induzindo o aumento dos investimentos na construção neste tipo de unidade, em detrimento dos demais. Além do mais, a armazenagem a granel, propicia uma elevação da capacidade dinâmica de armazenamento e, também, revela-se mais adequada às características do clima brasileiro que favorece a colheita dos produtos agrícolas em épocas diferenciadas, e sua permanência nos estoques em espaços de tempo relativamente menores. LORINI,2002 (Apud, BRDE, 2004, p. 24)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), gráfico 1. Os silos para grãos apresentaram 41.192.939 toneladas de capacidade útil total no país, sendo a região Sul detentora de 53,6% deste total. A região Sul que inclui os Estados do Rio grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, é a maior em armazenagem de grãos no país, superando todas as outras regiões juntas.



**Gráfico 1: Armazenagem de grãos no País.**  
Fonte: IBGE, 2007.

Segundo a Revista Proteção (1999), a maior parte dos acidentes envolvendo poeira de grãos de origem agrícola, nas unidades armazenadoras, ocorre em regiões onde a umidade relativa do ar atinge valores menores que 50% e onde são armazenados produtos como: trigo, milho e soja.

A foto 1 traz um silo horizontal com detalhe dos cabos do sistema de termometria. A armazenagem em silos exige um controle rigoroso da temperatura, que além de elevar o risco de explosões, influencia diretamente na qualidade do grão depositado, em muitos casos, é necessário fazer a transilagem, ou seja, movimentá-lo do ponto onde está para outro, para que se restabeleça a temperatura adequada.



Visão interna armazém fundo "V" com detalhe dos cabos do sistema de termometria.

Foto 1: Detalhe dos cabos do sistema de termometria.  
Fonte: Agroindustrial Cooperativa (Coamo), 2008.

A maior parte destas unidades armazenadoras encontra-se na zona urbana. Caso ocorra algum acidente em uma dessas unidades o risco de gerar uma ocorrência de grande porte é ainda maior, muitas pessoas por perto, muitos materiais, veículos, casas, etc. Um cenário de difícil atuação para o bombeiro militar.

Conforme o gráfico 2, 48% das instalações silos, quase metade da quantidade total, encontra-se na zona urbana.

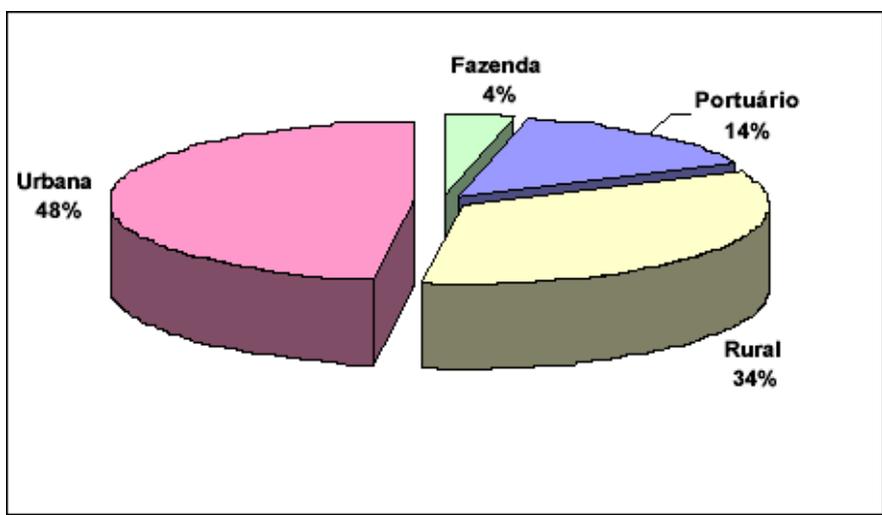


Gráfico 2: Locais de instalação de silos. Fonte: CONAB/2003 Apud BRDE

## 4 ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS DEVIDO A POEIRA DE CEREAIS

Esse capítulo pretende descrever poeiras e sua relação com os sinistros, definir explosões e suas condições, definir incêndios e suas características, além de descrever as condições das explosões e incêndios nos silos de cereais.

### 4.1 POEIRA

Todos os processos de produção começam com a aquisição de matéria prima que conseqüentemente é transformada em um produto intermediário ou diretamente para o produto final. Apesar da alta tecnologia industrial, a grande evolução da qualificação da mão de obra e as técnicas que minimizam os custos e aumentam o rendimento, ainda assim tem-se perda de matéria prima, essa perda é o que forma os resíduos. Para os cereais essa transformação de matéria em resíduo começa desde o momento da colheita passando pelo transporte, armazenamento e manuseio. Sendo que o resíduo gerado será a poeira, material finamente dividido.

Poeiras são produzidas geralmente pelo rompimento mecânico de partículas inorgânica ou orgânica, seja pelo simples manuseio de materiais ou em conseqüência do processo de moagem, trituração, peneiramento e outros. As poeiras são partículas com diâmetro entre 1 a 100 micron. (NASCHOLD, 2008, p. 2)

Poeiras - Partículas sólidas geradas mecanicamente por manuseio, moagem, raspagem, esmerilhagem, impacto rápido, detonação, etc. de materiais orgânicos e inorgânicos como: pedras, carvão, madeira, grãos, minérios e metais. As poeiras não tendem a flocular, a não ser sob ação de forças eletrostáticas. Elas se depositam pela ação da gravidade. São encontradas em dimensões perigosas que vão de 0,5 a 10 mm. São expressas em mppc (milhões de partículas por pé cúbico de ar ou mg/m<sup>3</sup> de ar conforme método a ser usado para detecção). (SÁ, 1998, p.51)

Nos silos, com a poeira, liberada pelos grãos, tem-se um ambiente altamente instável. Para Sá (1998) o confinamento é mais perigoso em transportadores de grãos, já que pelas suas características possuem os ingredientes para a ocorrência de um sinistro, com conseqüentes danos muito superiores aos de uma explosão superficial. Em ambiente confinado tem-se um aumento de pressão considerável na

busca de seu equilíbrio natural, destruindo túneis e podendo aflorar a superfície do piso.

Nos secadores existem, em muitos casos, as matrizes de aquecimento a fogo vivo, utilizando lenha, sendo uma das principais fontes de incêndios e explosões.

Nos silos, o problema maior é quanto ao risco de explosões confinadas em seu interior, quando das manutenções nas entre safras, quando os reparos necessários são efetuados a solda ou maçarico, pois a poeira interna normalmente é movimentada pelas pessoas da manutenção, e sendo o silo uma peça fechada, suas explosões são também catastróficas para os internos. (Sá, 1998, p.50)

Silva (2005, p. 5) “Caso seja necessário realizar soldagem em elevadores, primeiro deve ser aberto todas as janelas de inspeção para saída do pó acumulado. Isto é feito para evitar explosões”.

## **4 2 EXPLOSÕES**

Explosão pode ser conceituada como o resultado de uma reação química ou fenômeno físico, com uma velocidade imensamente alta e acompanhada por uma expressiva elevação de pressão. Devido ao fato da energia liberada durante a reação em cadeia, ocorrer em um tempo muito curto, não proporciona uma dissipação na mesma medida da sua produção.

Para Betenheuser; Ferreira, Oliveira, (2005) as explosões não são exatamente todas iguais. Existem as deflagrações, ocorrem com maior frequência, que são fenômenos explosivos com velocidade de chama da ordem de 1 a 100 m/s, e as detonações conceituadas como fenômenos de explosões com velocidade das chamas chegando aos 1000 m/s, sendo que em casos de explosões em cadeia a deflagração inicial evolui posteriormente para detonação.

Silva, 1999 *apud*. Betenheuser; Ferreira; Oliveira (2005) ensina que sob aspectos militares, explosivos são substâncias ou mistura destas suscetíveis a sofrerem bruscas transformações químicas sob influência de calor ou ação mecânica,

gerando gases aquecidos sob alta pressão que tendem a expandir rapidamente levando a romper estruturas, destruir equipamentos e ceifar vidas humanas. As explosões, geralmente, têm como material explosivo: ar atmosférico e partículas sólidas em suspensão, as quais neste caso são denominadas como o agente comburente e combustível, respectivamente. A detonação dessa mistura será processada caso em algum local ocorra a temperatura do ponto de detonação, o que pode ser causado por uma fonte de ignição do tipo: acúmulo de cargas eletrostáticas, curtos circuitos, descargas atmosféricas, atrito de componentes metálicos e descuidos quando do uso de aparelhos de soldagem. Iniciada a detonação em um dado ponto, a energia calorífica dissipada será utilizada na detonação de um outro ponto. Isto estabelecerá uma série de detonações, enquanto houver condições favoráveis que são estabelecidas pela existência dos agentes comburentes e combustível e a ocorrência da temperatura do ponto de detonação. Deste modo, tem-se que o processo de detonação é rápido, mas não instantâneo, sendo que as séries de detonações podem atingir velocidades de propagação de até 7000 m/s, exercer pressões de até 550 kPa e gerar ondas de choque com velocidades de 300m/s.

Segundo SÁ (2008) a possibilidade de ocorrer explosões a partir de uma nuvem de poeira depende de algumas condicionantes, que devem está presentes no ambiente como:

- Dimensão das partículas;
- Concentração;
- Impurezas;
- Concentração de oxigênio;
- Potência da fonte de ignição.

#### **4 2 1 Dimensão das partículas**

Para Sá (2008), quanto menor for à dimensão da partícula da poeira, maior será o risco de explosões, pela facilidade que a nuvem encontrará para entrar em ignição, tendo em vista ser maior a superfície exposta por unidade de matéria, além disso,

influencia também na velocidade do aumento de pressão. Uma poeira formada por partículas grossas mostra uma velocidade de aumento de pressão menor que a mesma poeira em dimensões menores. “ Partículas menores são mais fáceis de queimar, e a medida que as partículas ficam menores, maior é o aumento de pressão, e menor a temperatura de ignição”. (PHILLIPS, 2006, p.18)

A combustão da poeira se produz na superfície das partículas. Por isso quando se fala em velocidade de reação, é necessário avaliar a relação existente entre a poeira e o oxigênio. A explosão será facilitada pelo fator turbulência que proporciona explosões violentas.

#### **4 2 2 Concentração**

Existe uma concentração adequada, ou seja, uma faixa de concentração na qual podem ocorrer as explosões.

Se observa que as explosões mais violentas se produzem com uma concentração ligeiramente superior a necessária para que se tenha a reação com todo o oxigênio que haja na atmosfera. Ha concentrações menores se gera menos calor e se criam menores pressões de ponta. Com concentrações maiores das que causam explosões violentas, a absorção do calor pela poeira não queimada pode ser a razão que se produzam pressões menores de explosão, que a máxima. (Sá 2008, p. 5)

#### **4 2 3 Impurezas**

Pode-se considera impureza qualquer substância que acrescida ao grão contamina ou adultera suas características. A umidade, baseado em condicionantes das moléculas de água, aumenta a temperatura de ignição da massa devido ao calor absorvido durante o aquecimento e vaporização. “Por exemplo, a temperatura de ignição do amido de milho pode aumentar até 50 ° C. com um aumento de umidade de 1,6 a 12,5%.” (Sá 2008, p. 6,). Naschold ( 2008, p. 7) “quanto menor for a umidade do ar, mais fácil se torna a deflagração”. Phillips (2006, p.18) diz que “pós

com um teor de umidade mais alto tendem a ter maior temperatura de ignição e condutividade elétrica modificada”.

A presença de material inerte também altera as características explosivas dos cereais, como exemplo, um sólido inerte reduz a combustibilidade do pó de cereal por absorver calor, no entanto a concentração desse tipo de substância não é suficiente para impedir a explosão. Seria necessária uma quantidade muito grande de material sólido inerte para impedir o sinistro. Ao contrário a utilização de gás inerte é muito eficiente para evitar incêndios e explosões em silos.

Sá (2008, p.6) ensina que o gás inerte é eficaz na prevenção das explosões de poeiras, uma vez que dilui o  $O_2$  a uma concentração baixa. Ao selecionar o gás inerte mais adequado, deve-se cuidar para que este não reaja com a poeira, é o caso de certas poeiras metálicas que reagem com o  $CO_2$  ou com o  $N_2$ , neste caso deve usar-se o Hélio(He) ou Argônio (A).

#### **4 2 4 Concentração de oxigênio**

Sobre a concentração de oxigênio, ela é a responsável pela facilitação ou não do desencadeamento de uma explosão de pó. Isso se dá pelo fato de a combustão da poeira ocorrer na superfície da partícula. A íntima relação entre a partícula e o  $O_2$  justifica a expressiva elevação dos danos em locais de explosões em atmosferas turbulentas ao contrário das ocorridas em atmosferas mais tranquilas.

#### **4 2 5 Fontes de ignição**

A nuvem de poeira é sensível a fontes de ignição diversas como: chamas abertas, luzes, produtos defumadores, arcos elétricos, filamentos incandescentes, faíscas de fricção, condutos de vapor de alta pressão, superfícies quentes, faíscas eletrostáticas, aquecimento espontâneo, solda, etc. “Como a temperatura e a fonte de ignição necessária para explodir poeiras são muito mais baixas que as

produzidas pela maior parte das fontes de ignição, a eliminação de todas as fontes de ignição é um princípio básico na prevenção de acidentes por explosão.”( SÁ 2008, p. 7)

#### **4 2 6 Explosões Primárias e Secundárias**

Os sinistros em um silo de cereal podem ter início em um incêndio ou em uma explosão, além disso, a explosão pode ser definida como uma detonação ou deflagração. Esse capítulo apresenta alguns conceitos e definições sobre o tema e a diferença entre explosões primárias, as primeiras e menores, e explosões secundárias, as subsequentes e mais devastadoras, e as condições dessas reações.

Sobre explosão primária, considerando a poeira depositada nos mais diversos locais da planta industrial ou das unidades armazenadoras de cereais, ocorrendo uma agitação que venha a colocar o pó em suspensão, se houver uma fonte de ignição, ocorrerá a primeira deflagração ou explosão primária, se a fonte de ignição tiver energia suficiente para tal, como conseqüências, a explosão causa vibrações pela onda de choque, derivada do deslocamento das massas de ar, com isso mais poeira entra em suspensão e mais deflagrações ocorrem aumentando o potencial destrutivo.

Como explosões secundárias, têm-se a situação subsequente onde a poeira que está queimando espalha o fogo pela célula do depósito alimentando e renovando o processo, nesses casos os danos são maiores.

As mais importantes regras preventivas para limitar os perigos de explosão de pó são: evitar a formação de toda concentração explosiva de pó e qualquer fonte de ignição que pode conduzir a uma explosão primária, e restringir qualquer risco de explosão que pode gerar uma explosão secundária. (HAJNAL, 2003, p. 2)

É comum as explosões de pó ocorrerem em série, caracterizadas por uma pequena deflagração inicial, no entanto suficiente para colocar o pó em suspensão, causar

danos às instalações ou romper peças de máquinas, como os coletores de pó, gerando uma nuvem maior através da qual podem se propagar explosões secundárias. O alto grau de destruição atribuída as explosões secundárias referem-se ao fato de envolverem toda a quantidade de poeira depositada no ambiente. Não raramente uma série de explosões propaga-se para edifícios próximos. (BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005)

### **4 3 INCÊNDIOS**

Brasil NBR 13860 *apud* (Seito *et al* 2008, p.43) “O incêndio é o fogo fora de controle”.

“Fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz”. (SEITO *et al*, 2008, p. 35)

Para Richard L. Tuve (1976, p.46 *Apud* Oliveira 2005, p.14), “o fogo é um processo (reação química) de oxidação rápida, auto-sustentável, acompanhada pela produção de luz e calor em intensidades variáveis.”

O incêndio se fundamenta em três elos: ignição, propagação, e conseqüências. Para que se verifique a ignição da poeira, é necessário que ela ultrapasse sua temperatura mínima de inflamação, aproximadamente de 420<sup>o</sup> C para a poeira de trigo. O ganho energético, no caso de ser ele pontual (pingos de escória originados no corte das chapas e fusão dos eletrodos), ultrapassa o valor mínimo. (Revista Proteção, 1999, p.38)

#### **4 3 1 Tetraedro do fogo**

Na figura 1 “cada uma das quatro faces representa um elemento do fogo - combustível, comburente, calor e reação em cadeia - e devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha”. (SEITO *et al* 2008, p. 36).

A figura 1 mostra como é o esquema do tetraedro do fogo, além dos três elementos contidos no triângulo do fogo, tem-se um novo elemento que é a reação em cadeia, que tem o papel de manter a reação fazendo sua constante realimentação de forma

a prosseguir com o fogo até que um dos outros três elementos seja retirado, ou tenha sido totalmente consumido.



**Figura 1: Tetraedro do Fogo.**

**Fonte: Apostila do Curso de Formação de Bombeiro Combatente do CBMSC.**

Segundo Grimwood (2003, p.123 *Apud* Oliveira, 2005, p.17) “a pirólise é a decomposição química de uma substância mediante a ação do calor”. Não sendo, portanto, o que ocorre com a poeira depositada nos silos de cereais. “Pós de material orgânico e de alguns metais estão sujeitos à combustão instantânea ou explosão, quando em suspensão no ar, portanto seu mecanismo não é a pirólise”. (SEITO *et al*, 2008, p.37).

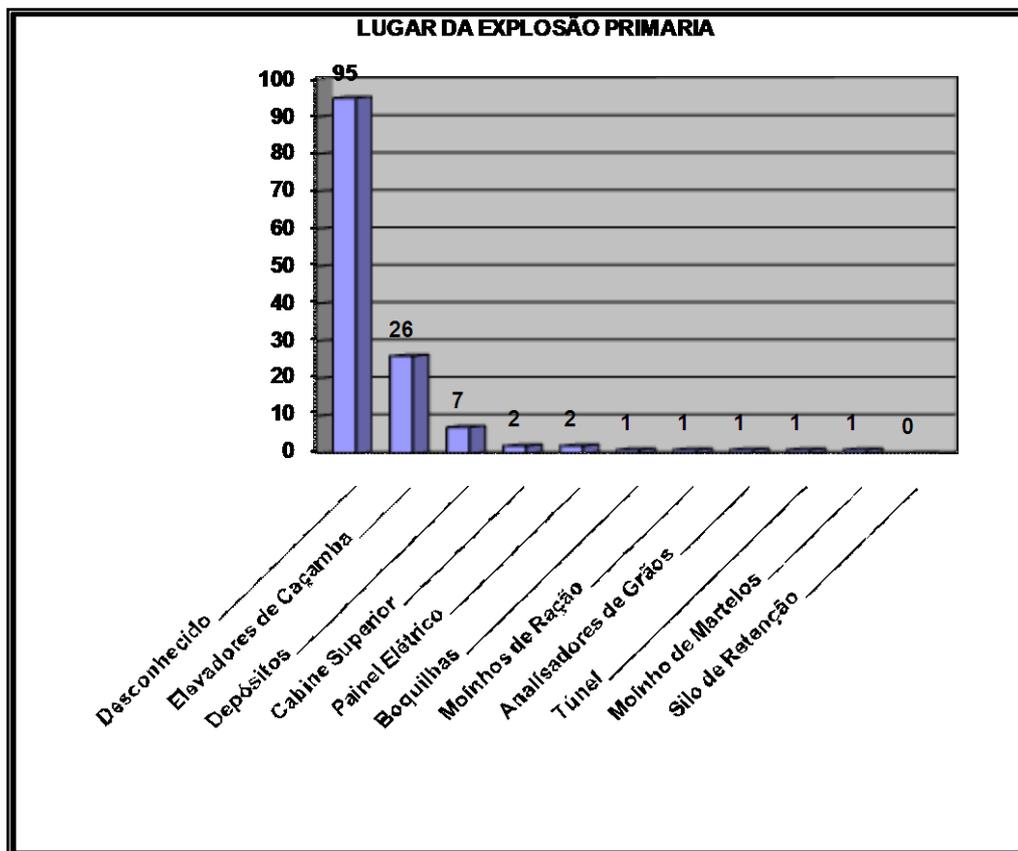
Os incêndios em silos são incêndios em ambiente confinado, a dificuldade de controlar o fogo é extremamente grande, o fogo nesses locais pode durar horas ou mesmo dias, pelo fato de se auto-alimentar constantemente e a impossibilidade de se realizar o combate interno. “Se o fogo se desenvolve em um ambiente confinado (incêndio interior) é sempre mais complexo que um incêndio em ambientes abertos (incêndio exterior).” ( OLIVEIRA, 2005, p.25)

#### **4 4 CONDIÇÕES DE INCÊNDIOS OU EXPLOSÕES EM SILOS DE CEREAIS**

A interpretação das características que definem uma atmosfera explosiva, não é de fácil percepção quando se trabalha com poeiras, diferentemente do que acontece com gases inflamáveis, onde o perigo é aceito sem maiores problemas, as pessoas tendem a uma maior resistência na aceitação de que leite em pó ou que a poeira de milho possam, sob determinadas condições, formar uma atmosfera geradora de um incêndio, até porque a formação é diferente, enquanto os gases, por não terem volume definido tendem a se expandirem, a poeira tende a se assentar e formar camadas, em todas as partes da estrutura.

O ambiente estando repleto de pó necessita de uma fonte de ignição com energia suficiente para iniciar a primeira deflagração ou detonação e tem-se o desencadeamento do processo.

O gráfico 3 apresenta uma realidade nas ocorrências de incêndio e explosões em silos de cereais. Dentre os casos computados para a análise tem-se que em noventa e cinco casos não foi possível determinar o local de origem do sinistro ou não foi realizado uma perícia adequada, impossibilitando uma análise conclusiva. Em segundo lugar vêm os elevadores de caçamba, que são os elevadores responsáveis por conduzir os grãos dentro das células ou entre uma célula e outra, com vinte e seis casos. Em sete casos foi verificada a origem em depósitos, dois casos em cabines e painéis elétricos e em alguns outros locais foi verificado um caso: boquinhass, moinhos de ração, analisadores de grão, túneis e moinho de martelos.



**Gráfico 3: Explosões em silos de grãos nos EE UU, 1958<sup>a</sup> 1975.**

Fonte: Casagrande, 1999. P.30 *apud* Continental Grain Co.

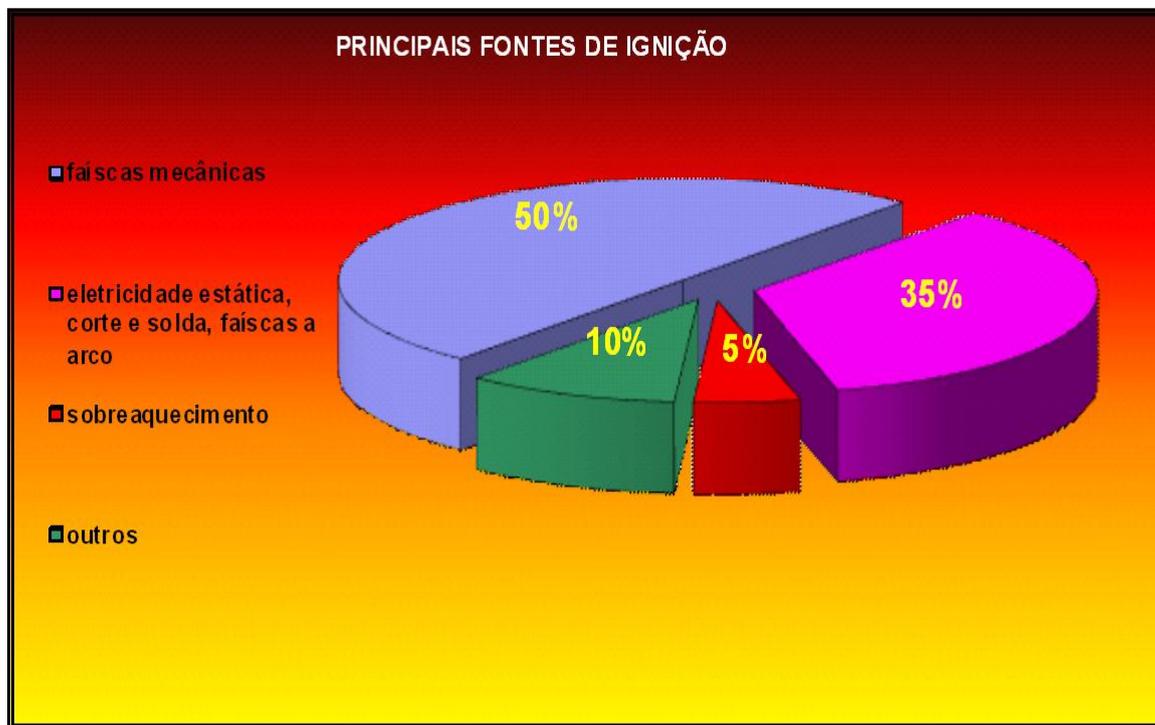
#### 4 4 1 Fontes de ignição

SÁ (2008, p.11) afirma que as explosões originam-se em “faísca metálica 9,6%, ponto Incandescente 9,3%, descarga eletrostática 0,3%, fricção 8,9%, chama aberta 8,2%, superfície quente 6,5%, auto ignição 5,8%, solda 4,8%, equipamentos elétricos 0,4%, outros 14,1%”.

Betenheuser; Ferreira; Oliveira (2005, p.8) assinalam que “Os principais equipamentos e/ou locais críticos ao surgimento destes acidentes são: Moinhos e trituradores que correspondem a 40%; Elevadores a 35%; Transportadores a 35%; Coletores de pó e silos a 15%; Secadores a 10%”.

Várias são as fontes de ignição, para isso, basta que tenham uma potência suficiente que possibilite produzir a primeira detonação, algumas das principais são

apresentadas no gráfico 4. Podem ser desde faíscas mecânicas até as produzidas por eletricidade estática ou outro corpo aquecido.



**Gráfico 4: Fontes de Ignição.**

**Fonte:** Casagrande. 1999. P.46 *apud*, Revista CIPA, n.º 178 – set. 1994, p. 35.

Casagrande(1999) citando, Lapezack Banhos e Gilmar Tadeu G. Barbosa, ensina que as principais fontes de ignição são: faíscas mecânicas, eletricidade estática, cortes e soldas, faíscas a arco e sobreaquecimento.

#### **4 4 2 Eletricidade estática**

A eletricidade estática é a carga elétrica num corpo cujos átomos apresentam um desequilíbrio em sua neutralidade. O fenômeno da eletricidade estática ocorre quando a quantidade de elétrons gera cargas positivas ou negativas em relação à carga elétrica dos núcleos dos átomos.

Para Souza (1992), as dimensões e a concentração das partículas têm uma significativa participação para o desencadeamento de uma explosão, pelo fato de possibilitar o aparecimento de uma carga elétrica estática nas partículas.

Quando existe um excesso de elétrons em relação aos prótons, diz-se que o corpo está carregado negativamente. Quando existem menos elétrons que prótons, o corpo está carregado positivamente. Se o número total de prótons e elétrons é equivalente, o corpo está num estado eletricamente neutro.

Sobre a Estática: como a capacidade elétrica dos sólidos é função de sua superfície, a possibilidade de se produzam descargas eletrostáticas de suficiente intensidade para colocar em ignição a nuvem de pó, aumenta ao diminuir a dimensão média da partícula. Porém para que se produzam descargas eletrostáticas se requer, entre outros, consideráveis quantidades de pó em grandes volumes com forças dielétricas relativamente altas e conseqüentemente, longos períodos de relaxação, devido às altas energias de ignição necessárias para incendiar a nuvem, em comparação com as que requerem os gases. (BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005, p.5)

#### **4 4 3 Intensidade da reação**

O dano causado com a explosão de pó depende de alguns fatores para a determinação do tipo de explosão, dentre eles o risco da ignição e a gravidade da reação:

O perigo de uma classe determinada de poeira está relacionado com sua facilidade de ignição e com a gravidade da explosão resultante. Para tal, foi criado nos EE.UU. um equipamento experimental para testar poeiras explosivas, com sensores diversos para permitir conhecer as características das poeiras explosivas. ( Sá, 1998, p.54)

Sá (2008) define alguns parâmetros, e através de procedimento experimental define pontos importantes sobre os efeitos da explosão de pó com alguns cereais, utilizando para isso dados contidos em manuais da NFPA.

Dados contidos nos próximos quadros:

**Ie:** Índice de Explosividade

**Si:** Sensibilidade de ignição

**Ge:** Gravidade de explosão

**T1:** Temp. ig. do leito °C.

**E:** Energia de ignição Joules

**P:**% de **O2** mínimo.

**Pmp:** Pressão máx. de expl. **Kg/Cm<sup>2</sup>**

**Vmp:** Vel. Max. de aumt. da pressão. **Kg/Cm<sup>2</sup>**

**T2:** Temp. Ig. da nuvem **°C.**

**C:** Concentração **Gr/m<sup>3</sup>**

O mesmo autor define a sensibilidade de ignição ( **Si** ), e a gravidade de explosão (**Ge.**) como:

$S_i = T_i \times E \times \text{Conc. min. (do pó "Pittsburg")} / T_i \times E \times \text{Conc. min. (pó em teste)}$ .

$G_e = P_{mp} \times V_{mp} \text{ (pó em teste)} / P_{mp} \times V_{mp} \text{ (do pó "Pittsburg")}$ .

A sensibilidade de ignição é função da temperatura de ignição e da energia necessária, enquanto que a gravidade de explosão vem determinada pela pressão máxima de explosão e pela máxima velocidade de crescimento da pressão. Para facilitar as comparações dos dados de explosividade derivados dos ensaios mencionados, todos os resultados se relacionam com uma poeira de carvão conhecida como de "Pittsburg" tomando uma amostra uma concentração de 0,5 kg/m<sup>3</sup>, kg de pó de carvão por m<sup>3</sup> de ar, exceto dos pós metálicos. ( Sá, 1998, p.54)

Com isso tem-se que o índice de explosividade ( **le.** ) é o produto da ( **Si. x Ge.** ). Pelo qual foram classificados os riscos relativos da poeira:

O quadro 1 classifica o tipo de explosão de acordo com o índice de explosividade, a sensibilidade de ignição e a gravidade de explosão. Utilizando para isso intervalos de valores que correspondem a explosões pequenas, moderadas, fortes e muito fortes. A partir dessas informações pode se avaliar o risco do ambiente.

TIPO DA EXPLOSÃO	Si	Ge	le
(P) PEQUENA	<0,2	<0,5	<0,1
(M) MODERADA	0,2-1,0	0,5-1,0	0,1-1,0
(F) FORTE	1,0-5,0	1,0-2,0	1,0-10,0
(MF) MUITO FORTE	>0,5	>2,0	>10,0

**Quadro 1: Tipo de Explosão, Fonte: SÁ (2008, p.4)**

O quadro 2 traz os dados do quadro anterior (quadro 1), mostrando os valores para alguns cereais, sendo que os valores são diferentes, diferenciando também o risco de sinistro nos locais onde estejam armazenados. No quadro 2 é apresentado além

do *I<sub>e</sub>*, *S<sub>i</sub>* e *G<sub>e</sub>*, os valores da *P<sub>mp</sub>* - pressão máxima de explosão, *V<sub>mp</sub>* – Velocidade máxima do aumento de pressão, *T* – A temperatura de ignição, *E* – A energia de ignição e a Concentração do cereal.

	-	-	-	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	°C	Joules	Gr./m <sup>3</sup>
Tipo de pó	<i>I<sub>e</sub></i>	<i>S<sub>i</sub></i>	<i>G<sub>e</sub></i>	<i>P<sub>mp</sub></i>	<i>V<sub>mp</sub></i>	<i>T</i>	<i>E</i>	Conc.
Arroz	0,3	0,5	0,5	3,3	49	510	0,10	50,3
Milho	6,9	2,3	3,9	5,27	218,15	480	0,04	25
Soja	0,7	0,6	1,1	6,6	56	550	0,10	35,5
Trigo	2,6	1,0	2,6	6,43	154,8	500	0,06	65

**Quadro 2: Dados por tipo de pó, Fonte: SÁ (2008)**

O Quadro 3 mostra algumas poeiras agrícolas e outros produtos, de acordo com a *National Fire Protection Association (NFPA)*, para cada tipo de poeira têm-se índices diferentes.

No quadro apresentado (quadro 3). Na primeira linha, estão indicados os valores:

**I<sub>e</sub>** - Índice de Explosividade;

**S<sub>i</sub>** - Sensibilidade de ignição;

**G<sub>e</sub>** - Gravidade de explosão;

**P<sub>mp</sub>** - Pressão máxima de explosão;

**V<sub>mp</sub>** - Velocidade máxima de aumento da pressão;

**T<sub>1</sub>** – Temperatura de ignição do leito;

**T<sub>2</sub>** – Temperatura de Ignição da nuvem;

**E** - Energia de ignição;

**C** - Concentração e;

**P** – Porcentagem de Oxigênio mínimo;

Tipo de pó	le.	Si.	Ge.	Pmp	Vmp	T1	T2	E	C	P
Açúcar em pó	9,6	4	2,4	7,6	350	370	400 <sup>(9)</sup>	0,03	46,7	-
Algodão bruto	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,1	28	520	-	1,9	519	C21
Alho desidratado	0,2	0,2	1,2	4	91	360	-	0,24	104	-
Amido de milho	9,5	2,8	3,4	7,4	525	400	-	0,04	46,7	-
Amido de milho malha 325	23,2	4,3	5,4	10	665	390	350	0,03	41,5	C11
Amido de trigo	17,7	5,2	3,4	7	455	430	-	0,03	46,7	C12
Amido de trigo tratado	35	10,6	3,3	8,2	455	380	-	0,03	31,1	-
Arroz	0,3	0,5	0,5	3,3	49	510	450	0,1	88,2	-
Cacau 19% gordura	0,6	0,5	1,1	4,8	84	510	240	0,1	77,8	-
Café Instantâneo	< 0,1	0,1	0,1	4,8	35	410	350	-	290	-
Café torrado	< 0,1	0,2	0,1	2,7	10,5	720	270	0,2	88,2	C17
Canela	5,8	2,5	2,3	8,5	273	440	230	0,03	62,2	-
Casca de amêndoa	0,3	0,9	0,3	7,1	98	450	210	0,08	67,4	-
Casca de amendoim	4	2	2	8,2	560	460	210	0,05	46,7	-
Casca de arroz	2,7	1,6	1,7	7,6	280	450	220	0,05	57	-
Casca de coco	4,2	2	2,1	8,1	2,9	470	220	0,06	36,3	-
Casca de noz de cacau	13,7	3,6	3,8	5,4	231	470	370	0,03	41,5	-
Casca de semente de										
pêssego	7,1	3,1	2,3	8,1	329	440	210	0,05	31,1	-
Casca noz preta	5,1	3	1,7	7,9	280	450	220	0,05	31,1	-
Cebola desidratada	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,5	35	410	-	-	135	-
Celulose	2,8	1	2,8	9,1	315	480	270	0,08	57,4	C13
Celulose alfa	>10	2,7	4	8,2	560	410	300	0,04	46,7	-

**Quadro 3: Algumas Poeiras Agrícolas, Fonte: SÁ (2008)**

Sá (2008) utilizando um Túnel de descarga: 2 m. de altura, por 1,5 m. de largura por 30 m. de comprimento. E utilizando quatro tipos de poeiras: Arroz, Milho, Soja e Trigo. Exemplifica e determina suas conseqüências.

Dados:

Túnel de descarga da moega com: 2 x 1,5 x 30 m.

Volume interno do túnel = 90 m<sup>3</sup>

Área interna das paredes do túnel = 210 m<sup>2</sup>

P. Mat. = Material necessário para uma explosão = Conc. x v(volume).

- arroz = 50,3 x 90 = 4527grs. ou 5,57 kg. de pó por explosão.

- milho = 25 x 90 = 2250 grs. ou 2,25 kg. de pó por explosão.
  - soja = 35,5 x 90 = 3195grs. ou 3,195 kg. de pó por explosão.
  - trigo = 65 x 90 = 5850grs. ou 5,87 kg. de pó por explosão.
- ✓ P.Int. = Pressão interna exercida no sistema pela explosão = Pmp. x 10 = Kg/m<sup>2</sup>
- ✓ P.par. = Pressão exercida nas paredes durante a explosão = Pmp. x S/1000 = “Toneladas Força sobre a superfície do túnel”
- ✓ P.h. = Pressão da explosão sobre o homem com S=1m<sup>2</sup> = Pmp./1000 = “Toneladas força exercida sobre um operário envolvido no evento.”

O quadro 4 mostra as pressões para os quatro tipos de pó utilizados no exemplo, além das pressões indicadas tem-se também na segunda linha a indicação do tipo de explosão utilizando o “ie” (índice de explosividade), “si” (sensibilidade de ignição) e “ge.” (grau de explosividade) onde: M – média, F – forte e MF – muito forte.

	Kg.	Kg./m <sup>2</sup>	Ton.	Ton.			
Tipo de pó	P. mat.	P.int.	P.par	P.h	ie	si	Ge
Arroz	5,6	3,3	6930	33	M	M	M
Milho	2,25	52,7	11067	74	F	F	MF
Soja	3,2	66	13860	66	M	M	F
Trigo	5,9	64,3	13503	68	F	F	MF

**Quadro 4: Pressões por tipo de pó, FONTE: SÁ (2008).**

Comparando os feitos com os índices paramétrais (quadro 4) tem-se que:

“ie”(índice de explosividade) seqüência ordem crescente; arroz, soja, trigo e milho.

“si” (sensibilidade de ignição) seqüência ordem crescente; arroz, soja, trigo e milho.

“ge.” (grau de explosividade) seqüência ordem crescente; arroz, soja, trigo e milho.

SÁ (2008) Conclui que o pó de milho é o que produz efeitos mais catastróficos no túnel analisado, seguido pelo trigo, pela soja e o menor é o arroz, porém também danosos. O milho é considerado um dos grãos mais voláteis e perigosos, embora toda poeira de grãos possa ser tida como muito perigosa.

Outra preocupação com esse tipo de explosão é o efeito em seres humanos, muitas pessoas ficam feridas ou falecem em decorrência da pressão exercida nesses ambientes quando ocorre uma explosão, por serem limites de pressão elevados ao organismo humano.

#### PRESSÃO ( bar ) PARA PESSOAS

0,35..... Limite ruptura tímpano  
0,70/0,85..... Limite danos nos pulmões  
1,05/1,4..... Ruptura tímpano 50% casos  
2,11/2,95..... Limite mortal  
2,95/4,00..... Morte 50% dos casos  
4,0/5,0..... Morte 100% dos casos

(SÁ, 2008)

No exemplo, pressões internas até 3,3 kg/cm<sup>2</sup>, ocasionaria a morte de 50% dos envolvidos na planta de arroz, as pressões superiores a esse valor, ou seja, todas as demais ocasionariam a morte de todas as pessoas presentes no local.

Com relação ao patrimônio, os efeitos também são catastróficos, conduzindo a uma destruição considerável do local.

#### PRESSÃO ( bar ) Efeito em:

<0,07 ..... Quebra de vidros  
0,07/0,150..... Destruição de galpões  
0,17/0,250..... Remoção de Batentes  
0,20/0,30..... Esmagamento de tanques  
0,35/0,50..... Ruptura estruturas de madeira  
0,60/0,90..... Destruição de prédios  
0,70/2,00..... Ruptura estruturas de concreto

Outro ponto importante é a temperatura de ignição, essa variável é diferente para cada tipo de poeira, como o processo que gera uma explosão com poeira de cereal em um silo de armazenamento não é a pirólise, é de extrema importância o conhecimento e o controle dessa temperatura. Sá (2008) apresenta outras temperaturas de ignição da nuvem, adotadas nos Estados Unidos da América (EUA)

(NFPA) para poeiras agrícolas, em graus centígrados (°C) são:

- > açúcar em pó = 400
- > amido de milho = 350
- > arroz = 450
- > cacau 19% gordura = 240
- > café instantâneo = 350
- > café torrado = 270
- > canela = 230
- > casca de amêndoa = 210
- > casca de amendoim = 210
- > casca de arroz = 220
- > casca de coco = 220
- > casca de noz de cacau = 370
- > casca de semente de pêssigo = 210
- > casca de noz preta = 220
- > celulose = 270; e
- > celulose alfa = 300

Sinistros em silos de cereais dependem de outros fatores além da presença de poeira, sendo assim, se houver as condições de quantidade, temperatura, dimensões das partículas, presença de impurezas entre outros, pode acontecer uma explosão primária e desencadeamento de explosões secundárias. A partir das explosões, surgem os incêndios de difícil extinção, pois o mais difícil para os bombeiros é conseguir retirar um dos elementos do tetraedro do fogo presente no local, o que ocasiona um combate demorado e desgastante.

## **5 DEFINIÇÕES SOBRE UNIDADES DE ARMAZENAMENTO DE CEREAIS E SILOS**

De modo geral, conceitua-se estas estruturas como, locais destinados ao depósito e conservação de cereais. São vários os tipos e formas desses depósitos, dependendo do terreno, do tipo de grão a ser estocado, do clima do local, etc. Para Casagrande(1999), as unidades armazenadoras de cereais dividem-se em: unidade armazenadora vertical, unidade armazenadora horizontal e baterias.

Não necessariamente uma unidade armazenadora é um silo, pois existem os armazéns convencionais, no entanto o processo é parecido já que o objetivo é o mesmo, manter os grãos com suas características originais. “Unidades armazenadoras de grãos devem configurar como sistemas adequadamente projetados, estruturados e gerenciados para o recebimento, limpeza, secagem, armazenagem e expedição de grãos”. (SILVA, 2005, p.1)

### **5 1 1 Unidade armazenadora vertical**

São aquelas onde predomina a direção vertical sobre o tamanho da base, forma cilíndrica de cobertura em semi-cone, e construção com chapa metálica de estrutura relativamente fina. Casagrande (1999)

### **5 1 2 Unidade armazenadora horizontal**

São as que possuem dimensões da base maiores que sua altura, podem ser semi-subterrânea ou subterrânea, possuem um ou mais compartimentos dependendo de suas divisórias que podem ser em concreto armado ou pré-moldado e cobertura metálica, o fundo pode ser plano ou em taludes. Casagrande (1999)

### **5 1 3 Baterias**

São unidades individualizadas que se agrupam em torno de uma central, apresentam capacidade variada de fácil adequação as necessidades das empresas rurais, é adequado à estocagem e preservação em longo prazo, desde que, dotado de equipamento de pré-beneficiamento, movimentação tanto horizontal como vertical além de sistema termométrico, ventilação forçada e tratamento fitossanitário, dimensionado e correlacionado com a capacidade estática. Casagrande (1999).

### **5 2 SILOS**

Segundo PALMA (2005), silos são construções destinadas ao armazenamento a granel, de produtos granulares ou que liberem poeira. Construídos com os mais diversos materiais, com destaque para os silos metálicos, os mais utilizados atualmente. Tem como vantagens: economia de espaço, mão-de-obra, custo de transporte e de embalagem.

A modalidade de armazenamento a granel é a que apresenta maior perspectiva de crescimento no futuro. Os aperfeiçoamentos introduzidos no processo de colheita dos produtos e a nova tecnologia empregada nas atividades de recebimento e expedição das mercadorias, aliados aos elevados custos das embalagens estão induzindo o aumento dos investimentos na construção neste tipo de unidade, em detrimento dos demais. Além do mais, a armazenagem a granel, propicia uma elevação da capacidade dinâmica de armazenamento e, também, revela-se mais adequada às características do clima brasileiro que favorece a colheita dos produtos agrícolas em épocas diferenciadas, e sua permanência nos estoques em espaços de tempo relativamente menores. (LORINI, 2002 *apud* BRDE 2004)

Os silos são projetados para que a interação entre a área interna e o exterior seja a menor possível, pode ser vertical ou horizontal. Neles são efetuadas várias operações com os cereais, desde o seu recebimento passando pela limpeza dos grãos a secagem e estocagem dos mesmos, esse processo forma um ciclo permanente até que o produto seja retirado da unidade.

Para d'Arce (2008), os depósitos de grão a granel classificam-se, basicamente, em silos elevados e silos horizontais ou armazém graneleiro.

## 5 2 1 Silos elevados

São constituídos com torre, conjunto de células e entrecélulas. No primeiro ficam os elevadores, secadores, exaustores, máquina de limpeza, distribuidores, etc. Os grãos estão em constante circulação nessa área durante as operações cotidianas. Enquanto que nas células e entrecélulas ocorre a descarga dos grãos, são de grande altura e tem o fundo em forma de cone, além disso, variam de tamanho e número de acordo com a rotatividade desejada (D'ARCE, 2008).

Casagrande (1999, p.20) ensina que silo elevado “É uma unidade de forma cilíndrica, cuja cobertura é um semi-cone, com estrutura metálica de chapa relativamente fina, de espessura em torno de 0,95 a 1,2 mm”.

A foto 2 mostra um complexo de silos verticais, sendo alguns de concreto e outros em chapa metálica. as coberturas são todas em estruturas metálicas, a descarga dos grãos é feita pela parte superior da célula.



Foto 2: Silos Verticais. Fonte: Agroindustrial Cooperativa (Coamo), 2008

## 5 2 2 Silos horizontais

A foto 3 mostra um silo horizontal, que como características possuem grandes compartimentos de estocagem, separados por septos divisórios, utilizados para imprimir maior rapidez na movimentação e melhoria no controle preservativo. Tem fundo em forma de V e possuem equipamentos automáticos de carga e descarga. Apresentam problemas no estoque, em longo prazo, devido a aberturas laterais, que não proporcionam um bom arejamento, pelo fato de o ar quente ocupar o interior do depósito. Por isso, apesar de ter um custo menor que o silo elevado, exige o emprego freqüente da aeração mecânica e dificuldades na descarga do produto armazenado. (D' ARCE, 2008).

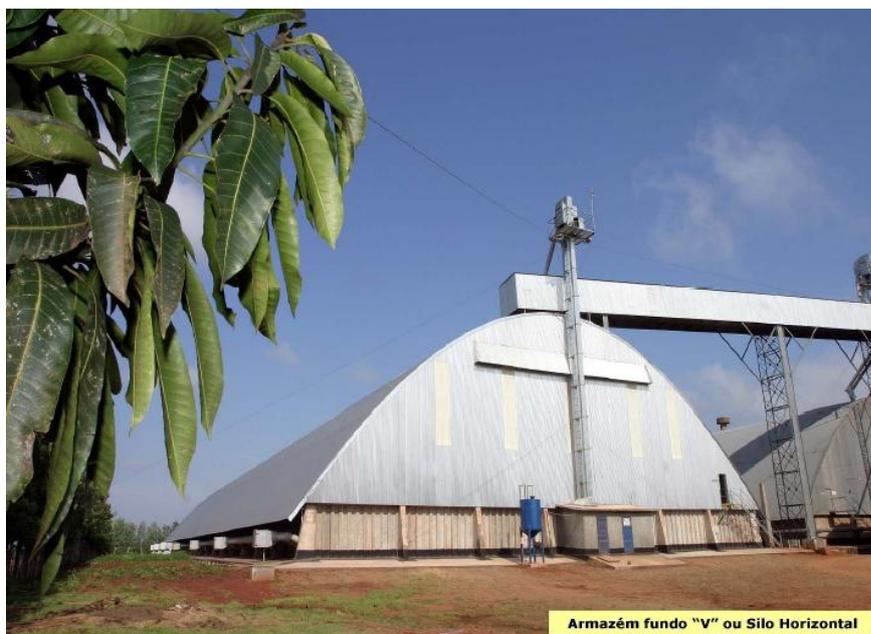


Foto 3: Silo Horizontal. Fonte: Agroindustrial Cooperativa (Coamo), 2008

## 5 2 3 Silos herméticos

D' Arce (2008) define que têm como princípio básico: a redução da taxa de oxigênio a um nível que causa a morte ou deixa inativo insetos e fungos, ou seja, há uma redução do oxigênio confinado no ambiente, isso se dá em decorrência do processo respiratório dos grãos e dos fungos associados à massa.

Casagrande (1999) explica que existem também as baterias, individualizadas e agrupadas em torno de uma central de recebimento/pré-beneficiamento. Sua capacidade variada adéqua-se de acordo com as necessidades.

Quando dotado de equipamento de pré-beneficiamento, movimentação horizontal, vertical e controle de qualidade (sistema termométrico, ventilação forçada e tratamento fitossanitário), suficientemente dimensionado e correlacionado com a capacidade estática, é adequado à estocagem e preservação em longo prazo. (CASAGRANDE, 1999, p.21)

A tabela 2 apresenta a quantidade de armazéns de acordo com o setor dentro do Estado catarinense. Da observação dos dados, temos que a iniciativa privada, cooperativas ou não, domina o ramo da estocagem de grãos, e são eles que possuem o maior número de silos.

**Tabela 2: Pesquisa de estoque segundo semestre de 2007, Santa Catarina**

Unidades armazenadoras com indicação do número de informantes e capacidade útil dos armazéns e dos silos, segundo os tipos de atividade do estabelecimento

Tipos de propriedade da empresa	Total de estabelecimentos	Unidades armazenadoras					
		Armazéns convencionais estruturais e infláveis		Armazéns graneleiros e granelizados		Silos	
		Número de informantes	Capacidade útil (m <sup>3</sup> )	Número de informantes	Capacidade útil (t)	Número de informantes	Capacidade útil (t)
<b>Total</b>	<b>551</b>	<b>429</b>	<b>3.245.888</b>	<b>85</b>	<b>874.304</b>	<b>252</b>	<b>2.278.333</b>
Governo	5	3	33.875	1	120.000	2	10.000
Iniciativa Privada (exceto cooperativas)	343	282	2.521.254	38	399.420	141	1.140.597
Cooperativa	202	143	690.159	46	354.884	109	1.127.736
Serviço de armazenagem	1	1	600	-	-	-	-

Fonte: IBGE

O Gráfico 5 apresenta a porcentagem da capacidade estática de armazenamento de grãos, segundo a modalidade, no Estado de Santa Catarina, mostra que a modalidade de armazenamento em silos representa a principal forma, dentro do Estado de Santa Catarina, correspondendo a mais da metade da capacidade armazenadora estadual, Enquanto os armazéns convencionais, depósitos e armazéns graneleiros representam 16,10%, 0,17% e 25,35% respectivamente

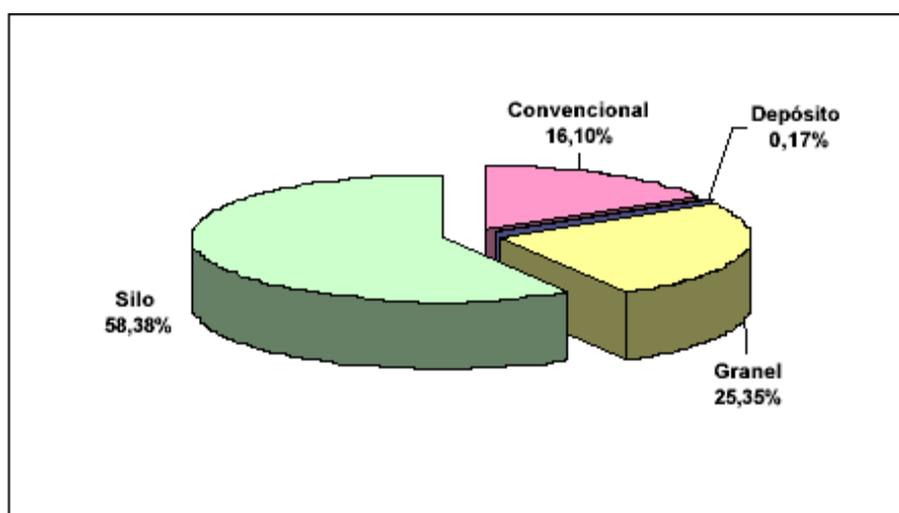


Gráfico 5: Capacidade Estática. Fonte: CONAB/2003 *apud* BRDE (2004)

Segundo BRDE (2004), em 1996, o armazenamento em silos representava 43,5%; a granel, 25,3%; convencional, 31,3% e depósito, 0,8%. O que demonstra um aumento significativo da modalidade silo, a estocagem a granel praticamente não teve alteração na sua capacidade, a modalidade em depósito dobrou e os armazéns convencionais tiveram sua capacidade estática reduzida praticamente à metade.

### 5 3 TRANSPORTADORES

Desde o recebimento do grão até a sua retirada do local de armazenamento, os cereais estão em constante movimentação, os transportadores, são os responsáveis por esse movimento. O que acaba ocasionando o fluxo das massas de ar, o acúmulo de poeira no ambiente e o risco de incêndios e explosões. Para o processo utilizam-se principalmente:

Transportadores pneumáticos, disponíveis em versões de sucção e pressão oferecem baixa manutenção e relação de velocidade adequada às características de cada produto. Os transportadores pneumáticos consistem de sopradores, bombas de vácuo, válvulas rotativas e derivadoras, separadores, carregadores, ciclones, filtros e unidades de controle. A principal vantagem é o transporte com pouca ou nenhuma emissão de poeira. “Podem produzir acúmulo de eletricidade estática e descargas se o sistema não está devidamente aterrado” (SPENCER, 2003, p.372)

Estes sistemas são sumamente eficazes para transportar produtos muito triturados sem emissão de pó, em atividades que necessitam de recolhimento ou distribuição em muitos pontos. Ainda que a capacidade de transporte seja relativamente reduzida frente ao consumo de energia, este método resulta muito flexível para transportar os produtos, tanto em sentido vertical como horizontal, conservando as condições sanitárias requeridas para produtos combustíveis. (CASAGRANDE, 1999, p.23)

Cintas transportadoras, segundo Casagrande (1999), é o método mais utilizado para o transporte horizontal. Geralmente, há de se proteger as cintas transportadoras com cobertas e dispositivos de aspiração nos pontos de carga e descarga. Existem atualmente sistemas que necessitam muito pouca ou nenhuma aspiração. A mais utilizada é a cinta transportadora côncava.

Spencer (1993) ensina que o risco de incêndios está relacionado com o material de que é feito estas cintas, que são de borracha, podem ser minimizados os riscos de incêndios e explosões com a aspiração, realizando o controle de sua velocidade ou mediante uma combinação dos dois procedimentos.

Transportadores mediante parafuso de rosca sem fim, Casagrande (1999, p.23) “Estes transportadores são utilizados para vazões reduzidas e distâncias curtas. Este tipo de dispositivo reduz muito a emissão de pó e na realidade podem até transportar o produto sem produzir emissões perigosas”. A indústria cerealista geralmente usa esses transportadores só em casos muito especiais para o qual se tem de evitar o rompimento dos grãos. (SPENCER, 1993)

Elevador de caçamba, é o método mais utilizado para o transporte vertical de cereais, eleva os grãos a grandes alturas. São eles os maiores geradores de pó, em

decorrência do seu movimento. Em relação a explosões é o ponto de origem mais freqüente, necessitando de manutenções constantes e detalhadas. (CRISTENSEN Y KAUFMANN, 1977 *apud* CASAGRANDE, 1999)

É o principio de movimentação mais utilizado em silos de cereais, eleva o produto ao ponto mais alto possível permitindo depois que o material caia por ação da gravidade. O elevador de caçamba é o principal elemento de transporte nessas indústrias. A grande quantidade de energia mecânica que absorve está operação resulta em uma das principais fontes de ignição em explosões em silos de cereais. (SPENCER, 1993)

O elevador de cereais é um equipamento com um potencial de risco elevado, devido a faíscas ocasionadas pelo contato entre partes metálicas, pelo atrito do funcionamento. Para minimizar o problema, algumas empresas instalam em seus equipamentos de elevação aberturas na cabeça do elevador. Solução paliativa, pois se torna então o ponto fraco do equipamento e evita o rompimento em outras partes; porém, não evita que, ao ocorrer uma explosão, as chamas e o pó se dispersem para o exterior do equipamento e se dissipem para outros pontos críticos. Alguns fabricantes de equipamentos de segurança do exterior desenvolveram sistemas para a supressão de explosões em elevadores metálicos de cereais, que pode ser adaptado a outros equipamentos fechados de transporte. Basicamente é um dispositivo instalado em pontos do equipamento e, no caso de um principio de explosão em seu interior, evita a propagação de chamas para o exterior, retém o pó em chamas, além de minimizar as pressões de detonação e o perigo de afetar outros equipamentos próximos. Dependendo do grau de pressão a que o sistema foi exposto, pode ser reaproveitado, bastando uma simples limpeza ou troca de alguns discos de ruptura internos. (BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005)

#### Bocas de aço e revestimentos

Os Cereais e sementes oliginosas são produtos muito abrasivos e podem desgastar rapidamente as bocas de aço utilizadas para canalizar o jorro do produto nos silos. Desta forma, a manutenção há de ser permanente para eliminar as fugas e emissões de pó. As reparações podem ser soluções provisórias validas, porém a boca ou boquilha raramente recupera sua capacidade plena. Como solução alternativa, são utilizados vários revestimentos resistentes a abrasão. Os materiais mais utilizados são chapas de liga de aço resistentes a abrasão, os plásticos sintéticos de

grande densidade e certos materiais cerâmicos vítreos moldados para adaptar-se nas bocas de descargas, presos por parafusos, sem a necessidade de se utilizar soldas ou outros meios que produzam calor. Também pode ser necessário utilizar outros revestimentos para limitar o desgaste nos pontos onde o cereal choca-se contra uma superfície metálica. Por exemplo, os revestimentos de goma sintética podem ser mais eficazes para evitar o desgaste excessivo na boca de descarga, e ao mesmo tempo reduzir ao mínimo a ruptura dos grãos. (CASAGRANDE, 1999, P.24)

## **5 4 OPERAÇÕES**

Ao chegar ao silo os cereais passam por várias operações desde seu descarregamento, ocorre o transporte para moagem, secagem e limpeza e o processo se segue até que seja carregado e siga para o destino final.

### **5 4 1 Descarga**

O produto chega em caminhões ou em vagões, sendo prosseguida então a descarga, que nada mais é do que a introdução dos cereais nos silos de armazenamento, recebido na moega, é transportado pelos diversos tipos de transportadores existentes na unidade até uma das várias células de estocagem onde permanecem por um certo tempo. No transporte vertical, principalmente, existe um alto risco de explosão devido ao atrito, quando os grãos tocam o solo e pela facilidade que a poeira tem de ocupar todo o ambiente durante a queda do grão, ocasionando, uma atmosfera, muitas vezes explosiva.

### **5 4 2 Carga**

É o movimento inverso, ou seja, a retirada do produto de sua unidade de estocagem sendo carregado em caminhões, seguindo ao seu destino final, utiliza principalmente transportadores horizontais e a força gravitacional, nesse momento a vulnerabilidade do produto em relação a incêndios e explosões é menor, pois já passou pelas diversas fases da armazenagem.

As máquinas e as estruturas necessárias para a carga e descarga dos cereais constituem o primeiro e o último elo do processo de armazenamento em silos. Se existe carga e descarga em caminhões ou vagões de trem, as manobras se realizam no nível do solo e em parte ou totalmente ao ar livre. (CASAGRANDE, 1999, p.24)

### **5 4 3 Secagem**

É uma fase crítica do ponto de vista da segurança, tem-se um ambiente com bastante carga de incêndio(cereais), e uma baixa temperatura. Utiliza-se a secagem como forma de diminuir a umidade dos grãos, mantendo assim suas características originais, os secadores são freqüentemente responsabilizados por incêndio em silos. Existem vários tipos de secadores, os mais modernos conseguem uma qualidade de secagem alta com baixo custo, e evitam a acumulação de poeira, fazendo com que os resíduos caiam na mesa de descarga.

Silva (2005), afirma que, os secadores são responsáveis pela maior parte do consumo de energia elétrica anual das unidades, cerca de 50 a 60%, e que a manutenção desses locais merece muita atenção. Para os casos específicos de secadores em cascata, alerta para os pontos de geração de incêndios, o risco existe se a massa de grão, por algum motivo ficar retida em calhas ou chaparias, aumentando a temperatura e elevando o risco de combustão dos grãos.

### **5 4 4 Limpeza**

Segundo Casagrande (1999), é a segunda operação mais importante nos silos de cereais e consiste em: selecionar, limpar e separar os materiais estranhos que estão junto aos cereais. Essas impurezas apresentam grande risco por serem mais inflamáveis que o cereal, devido ao fato de estarem mais secos, além disso, influem diretamente na qualidade dos grãos. É utilizada uma peneira vibradora ou giratória, ou peneiras que atuam por gravidade. Tratando a questão da geração de poeira utilizam-se dispositivos aspiradores para sua eliminação, o uso desses equipamentos proporciona uma redução na quantidade de poeira depositada na célula.

As máquinas de limpeza, geralmente, são colocadas após os secadores, assim como em todas as máquinas que compõe os silos modernos, o risco de ocorrer um acidente, geralmente é controlado, no entanto, não é totalmente descartado e pode ocorrer um incidente durante uma operação simples como a limpeza dos grãos.

Proceder cuidadosa limpeza da massa de grãos e das instalações, evitando o acúmulo de pó. Armazenar grãos com um máximo de 1% de impureza é importante não apenas do ponto de vista comercial, mas da prevenção de explosões. A qualidade de produto a ser armazenado também influi na existência ou não de risco de explosão, pois, um cereal que passou por máquinas de limpeza desreguladas levará para dentro do silo a poeira e sujeira que não foi devidamente retirada nos processos de limpeza. (BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005, p.12)

#### **5 4 5 Moagem**

Em alguns casos os cereais precisam ser moídos, para daí então serem distribuídos, nesse caso o controle do pó precisa ser ainda maior, ocorrem com produtos definidos pela indústria. Um caso típico é a moagem de trigo ou milho, como a presença de pó é uma constante, é necessária uma aspiração bem feita com o intuito de evitar a atmosfera explosiva, “O tratamento e manipulação de cereais provocam um desprendimento de poeira a ser eliminada pela aspiração, que é responsável ainda por resfriar o interior das máquinas, aspirar o interior dos silos e renovação do ar” (PICOLLI, 2001, *Apud* , OLIVEIRA; PILATTI; STADLER, 2008, p.2). Deve-se ter grande atenção para evitar que surja fonte de ignição, por isso, todo o cuidado para que corpos rígidos, como objetos metálicos, que possam vir a criar centelhas, por atrito, não penetrem os moedores. O mesmo se aplica aos trituradores, em muitos casos considera-se a trituração como uma das fases da moagem.

Alguns silos servem às indústrias especializadas que necessitam de cereais triturados ou moídos. Em consequência, utilizam moinhos de martelo ou trituradores para reduzir o tamanho dos grãos. Estas máquinas são fontes habituais de explosões produzidas por pós-combustíveis, especialmente em moinhos de ração. Os moinhos de martelos se utilizam, com frequência, para moer milho e outros grãos para ração animal. Devem-se adotar as precauções necessárias para evitar que penetrem objetos estranhos nos mecanismos trituradores, especialmente pedras e objetos metálicos. (CASAGRANDE, 1999, p.26)

Apesar das novas tecnologias e de equipamentos cada vez mais seguros, que emitem pouca ou nenhuma poeira durante os processos, todo cuidado é pouco durante movimentação e operação com grãos no interior dos silos, deve-se instalar os dispositivos de segurança adequados sempre levando em consideração o perigo que é trabalhar com poeira de cereais.

## 6 OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS E EXPLOSÕES POR POEIRA DE CEREAIS

No país, a investigação das causas dos sinistros não é feita de forma detalhada, daí a dificuldade de formulação de um sistema de informação adequado sobre o tema. Como boa parte dos acidentes não é registrado e os que se tem conhecimento não trazem detalhes, é difícil analisar de forma coerente todos os aspectos envolvidos em um incêndio ou explosão em silos de cereais.

Segui algumas ocorrências de incêndios e explosões que eclodiram em silos de cereais, no mundo e no Brasil.

### EXPLOSÃO EM UMA FÁBRICA PARA ELABORAÇÃO DE MILHO EM WAYNESBORO (E.U.A.)

Segundo Catalan (*apud* Casagrande, 1999), Na explosão houve três pessoas mortas e treze feridas. As causas da explosão foram: A falta de áreas de ventilação, por onde a pressão gerada pela explosão pudessem escapar sem produzir excessivos danos ao edifício de concreto armado; Não existiam sistemas de recolhimento de pó e muitos dos equipamentos elétricos não estavam aprovados para sua utilização em atmosferas contendo pó-combustível. A explosão eclodiu depois da entrada de um empregado para limpeza. A operação de varrer levantou pó em concentração suficiente para que um interruptor, em curto-circuito, produzi-se a explosão.

### EXPLOSÃO EM UMA FÁBRICA DE FARINHAS EM NEWPORT (E.U.A)

No ano de 1943 se produziu em uma fabrica de farinhas em Newport uma explosão de pó que passamos a descrever por ser um exemplo que nos ensina a forma inadequada de se apagar um incêndio em pó-combustíveis. O fogo se iniciou em um monte de farinha junto a uma planta de ensacamento. Quando chegaram os Bombeiros e dirigiram os jatos das mangueiras contra o fogo, se produziu uma explosão de pó que iniciou um incêndio em todos os pisos da fabrica, com perdas próximas a 5 milhões de pesetas.

Como conclusão se desprende que há que se ter muito cuidado com as mangueiras e tipo de esguichos ao tentar apagar um incêndio em um silo de cereais ou fabrica de farinhas, porque a explosão de pó pode produzir-se, agravando em uma escala muito maior de fogo.

Como consequência se aconselha utilizar mangueiras de pequeno diâmetro, máximo 4 cm, assim como colocar na ponta esguichos pulverizadores ou que produzam jorros muito estreitos. (CATALAN *apud* CASAGRANDE, p. 66, 1999)

## EXPLOSÃO EM UMA FÁBRICA DE ALIMENTAÇÃO EM MEMPHIS, TENNESSEE (E.U.A)

Uma das explosões mais aparatosas se produziu em Memphis, Estado do Tennessee, em 27 de janeiro de 1955, Nove pessoas resultaram feridas e os danos materiais superaram aos 50 milhões de pesetas.

A explosão do pó rompeu materialmente uma bateria de silos de concreto armado, abrindo as paredes em 25 metros de altura [...]. Depois da explosão se puseram em funcionamento 22 Sprinkler existentes nos andares das instalações, que apagaram o fogo que se produziu nesta zona. Não obstante, no interior das celdas tiveram que introduzir mangueiras que estiveram funcionando 24 horas para apagar pequenos focos de incêndio que se iam produzindo. [...] se crê que a causa mais provável seja a entrada de algum material metálico mesclado com o cereal moído e que o processo de llenado e por rozamiento produzira uma faísca que foi a fonte de ignição da nuvem de pó. (CATALAN *apud* CASAGRANDE, p.65, 1999)

## INCÊNDIO NA MAIOR FÁBRICA DE FARINHAS DE VALLADOLID (ESPANHA)

Catalan (*apud* Casagrande, 1999), a fabrica de farinha de Valladolid, representava uma construção perimetral exterior de paredes de fabrica de 60 cm de espessura. Os pisos interiores eram de madeira e suportados por colunas metálicas, a cobertura era construída com telhas metálicas. Todos os elementos de elevação e transporte apresentavam a forma clássica das fabricas de farinha do principio do século: estavam recobertas com madeira, existiam em todos os pontos elementos de aspiração. Na fabrica de farinhas de Valladolid o incêndio iniciou em uma seção e se propagou através dos circuitos de elevação, transporte e aspiração de toda a fabrica.

## EXPLOSÃO EM UMA FÁBRICA DE FARINHA EM NORTHKANSAS CITY (E.U.A.)

Catalan (*apud* Casagrande, 1999, p.67), Quatro pessoas mortas, 20 seriamente feridas e 120 milhões de pesetas foram os danos causados por uma terrível explosão que destruiu praticamente uma fabrica de farinhas, com oito pavimentos de

altura, assim como nos silos de concreto armado para armazenamento de cereais anexos.

#### NEBRASKA (E.U.A) EXPLOSÃO DE SILOS DE ARMAZENAGEM DE AÇUCAR

Pascon (1998) Um operador morreu e vários outros ficaram gravemente feridos nesta usina de açúcar. Sete silos de armazenagem explodiram projetando açúcar num raio de 1600m. Os danos causados nas instalações foram estimados em 18 milhões de dólares. Acrescidos de custos com interrupções, publicidade negativa, tensão interna, assistência às vítimas, reorganização, etc.

#### EXPLOSÃO NO TERMINAL GRANELEIRO DA SEMABLA EM BLAYE, FRANÇA

O complexo era formado por 44 cilindros de concreto, cada um com seis metros de diâmetro e 36 metros de altura, dispostos em três fileiras, com capacidade de armazenamento de 37.000 toneladas de milho, cevada e trigo. O evento causou 11 mortes, sendo que seis vítimas foram encontradas soterradas em seus postos de trabalho, pois não houve tempo de se promover uma evacuação no local. Também foi registrado que pedaços de concreto de tamanho considerável foram encontrados a cem metros de distância. (JUNIOR, 2006, p. 72). Conforme foto abaixo.

O relatório final convergiu para duas hipóteses. A primeira seria defeito no ventilador do sistema centralizado de coleta de pó. A outra seria a auto-ignição, devido a um sobreaquecimento no compartimento de pó coletado associado a uma temperatura ambiente elevada. (JUNIOR, 2006). Ver foto 4.



Foto 4: Explosão de silos, 1997 em Blaye na França. Fonte: Portal Lumière

## EXPLOSÃO NA IMPERIAL SUGAR COMPANY EM PORT WENTHWORTH, NA GEORGIA

Uma explosão matou 13 e feriu 40 em uma fábrica que processava açúcar granulado em pó na Geórgia, a explosão inicial ocorreu em um elevador de canecas. Acredita-se que as atividades no silo criaram acúmulo de pó de açúcar combustível em suspensão. A explosão inicial gerou outras, secundárias, que se deslocaram sucessivamente através da galeria do silo e do túnel. (NFPAJOURNAL-LATINO, 2009)

## FOGO DESTROÍ SILO DE COOPERATIVA EM CASCAVEL

O incêndio ocorreu no interior de um silo de cereais, usado para secagem de milho, às margens da BR-369, no município de Anahy. O fogo comprometeu a estrutura do local devido ao risco de desabamento, levou mais de três dias para ser controlado. Mesmo após o controle, os bombeiros não podiam precisar o término da ocorrência dado a dificuldade de extinguir por completo as chamas.

Um possível volume acima da capacidade do aquecedor, fonte de ignição, teria afetado a resistência do aparelho vindo a desencadear o incêndio. A estrutura pertence a uma unidade da Cooperativa Agropecuária Cascavel (Coopavel). Até a noite anterior à publicação da reportagem já haviam sido utilizados mais de 130 mil litros de água e os bombeiros revezavam-se no combate. A grande quantidade de milho no silo, material combustível, dificultou o combate, haja vista a elevada temperatura interna da edificação. (PARANÁ ONLINE, 2008)

## INCÊNDIO EM SILO DE GRÃOS EM CASCAVEL

Um incêndio acometeu novamente um silo de grãos em Cascavel, oeste do Estado, ontem. O incidente aconteceu na multinacional Bunge e foi rapidamente controlado pelos bombeiros. Semana passada, um silo de milho da cooperativa Coopavel pegou fogo, demandando quase 15 horas de trabalho dos bombeiros. (PARANÁ ONLINE, 2008)

## BOMBEIROS DOMINAM O FOGO NOS SILOS DA COPASUL

O Corpo de Bombeiros de Naviraí teve trabalho para dominar um incêndio que surgiu em um dos secadores do complexo de silos de armazenagem de grãos da Cooperativa Sul-Mato-Grossense (Copasul). Antes do sinistro haviam recebido mais de 70 mil toneladas de milho, das quais mais de 50 mil estavam estocadas. Segundo a reportagem foi o terceiro foco em apenas uma semana. O incêndio atingiu a parte interna da torre de cerca de 25 metros de altura. O incêndio começou após o aquecimento das películas de milho, ocasionada devido a alta da temperatura ambiente. (SUL NEWS, 2008)

## INCÊNDIO DESTRÓI SILO DE MILHO EM CHAPADÃO DO CÉU

Incêndio ocorrido na fazenda primavera em um dos silos de armazenagem, onde estava estocado cerca de 7 mil sacas de milho. O fogo deve ter sido iniciado com uma faísca durante o descarregamento ou na secagem. Cerca de 80% do produto foi atingindo. O silo ficava a 100 metros da sede da fazenda, não houve vítimas. (COSTA RICA NET, 2006)

## INCÊNDIO ATINGE SILO DE ARROZEIRA

Um incêndio ocorrido na noite de ontem em um silo da Iserhard Agroindustrial Ltda assustou moradores da Rua Augusto Hennig, Bairro Santo Inácio, em Santa Cruz. Por volta das 22h20, eles viram labaredas saindo do telhado, nos fundos do armazém. Os bombeiros foram acionados e evitaram que as chamas se alastrassem. Segundo a equipe que atuou na ocorrência, o fogo atingiu um silo de madeira, onde havia arroz. As causas do sinistro ainda são desconhecidas. (GAZETA DOS SUL, 2005)

## O. AZEMÉIS: INCÊNDIO NA CAÇAROLA

Um incêndio nos silos de secagem de arroz da empresa Valente Marques, em Oliveira de Azeméis, que comercializa a marca Caçarola, poderá pôr em causa a laboração da fábrica nos próximos dias. O fogo foi detectado por um popular, que alertou os responsáveis da empresa. O combate às chamas demorou cerca de sete horas. (CORREIO DA MANHÃ, 2008)

## EXPLOSÃO EM SILO, PORTO DE PARANAGUÁ/PR

Junior, (2006) explosão em uma célula do silo vertical do porto de Paranaguá em Curitiba/PR, faleceu duas pessoas e cinco ficaram feridos. Como provável causa foi apontada a combustão da poeira de cevada armazenada no local. A explosão ocorreu durante uma limpeza no décimo andar do silo.

## EXPLOSÃO NA EMPRESA COINBRA, PORTO DE PARANAGUÁ/PR

Em 2001, em novembro, houve uma explosão no depósito da empresa multinacional Coimbra, responsável pelo armazenamento de grãos do Corredor de Exportação do Porto de Paranaguá/PR, que deixou 18 pessoas feridas. Os técnicos do Porto afirmaram, na época, que o desastre poderia ter sido causado por limpeza deficiente das esteiras que transportavam os grãos das 5000 toneladas de milho estocadas no local. A explosão teve magnitude tal, que pedaços de telhas de zinco foram arremessadas até mil metros de distância e estruturas de cimento com amies de 300 Kg também foram encontradas longe. Além do prejuízo com a perda do depósito, houve consideráveis danos causados aos caminhões que estavam na rua aguardando para descarregar, bem como a paralisação das esteiras que abasteciam os nove armazéns graneleiros, o que suspendeu as operações do Corredor de Exportações. Caso a explosão não tivesse ocorrido na hora do almoço, um número maior de vítimas teria sido registrado. ( Revista Proteção 174, 2006, p. 72)

A foto 5 é um exemplo dos resultados de uma explosão de pó de cereais, no Porto de Paranaguá, por onde passa uma grande quantidade de grãos, situação presente em todos os Estados da região Sul, incluindo Santa Catarina.



**Foto 5: Explosão Porto Paranaguá, FONTE: Roberto Hajnal.**

## INCÊNDIO DESTROI SECADORES DE SOJA DA BUNGE ALIMENTOS, RIO GRANDE DO SUL

Junior (2006, p.72) “Já no mês de dezembro, do ano de 2003, um incêndio destruiu três secadores de soja, com 40 toneladas cada, da Bunge Alimentos em Rio Grande/RS”.

## EXPLOSÕES DE TÚNEIS DE SILOS MATAM 4 E FEREM 7 EM ASSIS:

A explosão ocorreu nos túneis subterrâneos e nos poços de elevadores do setor operacional do Entrepasto, o acidente matou 4 pessoas e feriu outras 7. As vítimas fatais tiveram os corpos bastante violentados com a força do impacto, que chegou a quebrar vidros da cidade, há quilômetros de distante do local. O acidente, segundo levantamentos preliminares, poderia ser provocado por um pó armazenado nos túneis, originado dos produtos armazenados – milho e soja – que acabou provocando a explosão matando as 4 pessoas que estavam carregando milho. No momento da explosão havia um caminhão no silo-balança, que ficou bastante avariado. Morreram na hora, o funcionário do Entrepasto, classificador, ensacador e o classificador da empresa que no momento da explosão estava acompanhando o embarque do milho. Homens do Corpo de Bombeiros, auxiliados por policiais militares, que tiveram muito trabalho para proceder à operação rescaldo e a um princípio de incêndio nas correias transportadoras de cereais. A explosão causou ainda grandes prejuízos materiais à Cooperativa.

## HIPÓTESE DO ACIDENTE

Segundo o comandante do Corpo de Bombeiros, que esteve com sua equipe trabalhando no local e procedendo ao trabalho de rescaldo, a provável causa das explosões, pode ter sido o pó em suspensão que se acumulava nos túneis dentro das correias transportadoras e nos armazéns graneleiros. Porém adianta que oficialmente a verdadeira causa só seria apurada após os levantamentos da Polícia Técnica, Estiveram na operação 7 homens do Corpo de Bombeiros, um caminhão tanque, uma ambulância e um veículo de salvamento. (BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA , 2005)

## HOMEM É SOTERRADO POR GRÃOS APÓS EXPLOSÃO DE SILO EM CAPÃO BONITO (SP)

Um homem foi soterrado por toneladas de grãos após a explosão de um silo de armazenagem em Capão Bonito. Segundo informações do Corpo de Bombeiros, o homem trabalhava no local, onde funciona uma cooperativa agrícola, quando o silo explodiu, soterrando o trabalhador. O silo possuía capacidade para 240 toneladas de grãos. Os bombeiros foram acionados, por volta das 10h, mas as buscas pelo trabalhador só puderam ser iniciadas após o silo ao lado ser reparado, após sofrer danos devido a explosão. As causas da explosão ainda não foram determinadas. (BOL NOTÍCIAS, 2009)

## 7 A NORMA DE SEGURANÇA E OS SILOS DE CEREAIS

As normas de segurança contra incêndio têm por objetivo principal garantir a segurança das pessoas e de seu patrimônio. Os Corpos de Bombeiros de todo o país são às instituições responsáveis por gerenciar tal procedimento, criando critérios de fiscalização e exigências que devam ser cumpridas por força de lei. Hoje em dia, a segurança contra incêndio passou a ter grande importância, sendo tratada como uma ciência. No entanto, alguns países têm esse ramo da segurança estrutural pouco desenvolvido, é o caso da proteção para poeiras no nosso país. Betenheuser; Ferreira; Oliveira (2005, p.9) “No Brasil, não há nenhuma norma que trata especificamente sobre o fenômeno EXPLOÇÃO DE PÓ”.

Apesar de não haver uma norma específica já se fala em proteção em ambientes onde ocorra a manipulação de poeira de cereais. Betenheuser; Ferreira; Oliveira (2005, p.11) afirma que em 2001 houve a sanção, pelo ministério do Trabalho e Emprego, de uma portaria com indicações básicas para evitar acidentes com pó e que traz entre outros:

[...] 1.15 – Silos e Armazéns

1.15.1 – Os silos devem ser adequadamente dimensionados e construídos em solo com resistência compatível às cargas de trabalho. [...]

1.15.4 – É obrigatória a prevenção dos riscos de explosões, incêndios, acidentes mecânicos, asfixia e dos decorrentes da exposição a agentes químicos, físicos e biológicos em todas as fases da operação do silo.

1.15.5 – A escolha do modo de operação dos silos deve levar em consideração os riscos à saúde e segurança dos trabalhadores e ao meio ambiente.

1.15.6 – É obrigatória a utilização segura de todas as máquinas e equipamentos envolvidos no processo de operação dos silos. [...]

1.15.10 – Antes da entrada de trabalhadores na fase de abertura dos silos deve ser medida a concentração de oxigênio e o limite de explosividade relacionado ao tipo de material estocado. [...]

1.15.12 – Devem ser avaliados permanentemente os riscos de combustão espontânea e explosão através do controle dos seguintes parâmetros:

- a) quantidade e tipo do pó em suspensão;
- b) tamanho das partículas;
- c) umidade e temperatura ambientes;
- d) grau de umidade do produto armazenado;
- e) concentração de oxigênio;
- f) variação da temperatura em função da fermentação do material ensilado;
- g) formação de gases e vapores inflamáveis [...]

1.15.13 – Devem ser adotadas medidas para prevenção de explosões derivadas da combustão acelerada de poeiras decorrentes da movimentação de grãos. [...]

1.15.15 – Os elevadores e sistemas de alimentação dos silos devem ser projetados e operados de forma a evitar o acúmulo de poeiras, em especial nos pontos onde seja possível a geração de centelhas por eletricidade estática.

1.15.16 – Todas as instalações elétricas e de iluminação no interior dos silos devem ser antideflagrantes.

1.15.17 – Serviços de manutenção por processos de soldagem, operações de corte ou que gerem eletricidade estática devem ser realizados exclusivamente nos períodos em que os silos estejam vazios e livres de poeiras e contaminantes.

1.15.18 – Nos intervalos de operação dos silos o empregador rural ou assemelhado deve providenciar adequada limpeza dos silos para remoção de poeiras.

1.15.19 – Os silos devem possuir sistema de ventilação capaz de evitar acúmulo de gases e poeiras.

(BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego, 2001).

Porém, é necessário impor sanções como forma de evitar o descumprimento de normas de segurança. Para Seito *et al* (2008) os gastos com prevenção e proteção contra incêndio não apresentam resultados imediatos. Isso leva a segurança contra incêndio a ser menosprezada. Portanto é dever do Poder Público estabelecer regulamentações de caráter compulsório, para impedir que o nível de risco de incêndio não seja estabelecido por iniciativas de caráter particular, pois, as ações necessárias tenderiam ao subdimensionamento.

## **7 1 Banco de Dados**

Para Seito *et al* (2008) a manutenção de um sistema alimentado por estatística é uma das principais armas para a inovação da NSCI, qualquer ramo econômico ou não que pretende crescer e melhorar sua atividade necessita de dados reais de como os problemas ocorrem, e a segurança contra incêndio também funciona dessa forma. Os sistemas de proteção são instalados para prevenir os sinistros e sua determinação se dá pela observação mediante estatística dos principais locais onde se iniciam os incêndios ou as explosões, a existência de um banco de dados contendo informações sobre estes sinistros é de extrema relevância. Outros países como EUA mantêm disponível um sistema de estatística, o que auxilia na implantação de políticas, normas, procedimentos e estudos que visam à

minimização dos efeitos de incêndios, corrigindo o fator vulnerabilidade das estruturas protegidas.

## **7 2 Competência**

No Estado de Santa Catarina o CBMSC é o órgão competente para criar e aplicar as normas de segurança contra incêndios, que apesar do nome, também tem como função a prevenção de explosões.

Art. 3 - No Estado de Santa Catarina, compete ao Comando do Corpo de Bombeiros, por meio do seu órgão próprio, DIRETORIA DE ATIVIDADES TÉCNICAS (DAT), normatizar e supervisionar o cumprimento das disposições legais relativas às medidas de Segurança Contra Incêndios. (SANTA CATARINA, 1994)

O foco principal, no tocante a explosões, são os depósitos de inflamáveis e depósitos de explosivos e munições, Com referência a atmosfera explosiva gerada pela concentração de poeira a Instrução Normativa (IN) nº 034/DAT/CBMSC, editada em 16/04/2009, que trata de edificações para atividades Agropastoris, trás algumas poucas medidas de proteção para silos onde são armazenados grãos.

## **7 3 A norma de segurança contra incêndios**

A Norma de Segurança Contra Incêndio (NSCI) do Estado de Santa Catarina, data de 1994 e não faz citação a silos de cereais, no entanto a Instrução Normativa 034/DAT/CBMSC que trata de atividades agropastoris faz rápidas considerações que podem ser melhoradas, tendo em vista o perigo de um incêndio ou explosão nesses ambiente.

### **7 3 1 Classificação**

O Decreto Estadual nº 4.909, de 18 Out 1994 (NSCI), traz no artigo 10 a classificação das edificações, baseando-se na ocupação.

Art. 10 - Para determinação de medidas de Segurança Contra Incêndio, as edificações serão assim classificadas:

I - Residencial:

- a) Privativa (multifamiliar);
- b) Coletiva (Pensionatos, asilos, internatos e congêneres);
- c) Transitória (hotéis, apart-hotéis, motéis e congêneres);

II - Comercial (mercantil e comercial);

III - Industrial;

IV - Mista (residencial e comercial);

V - Pública (quartéis, secretarias, tribunais, consulados e congêneres);

VI - Escolar (escolas, creches, jardins e congêneres);

VII - Hospitalar e laboratorial;

VIII - Garagens;

IX - De reunião de público (cinemas, teatros, estádios, igrejas, auditórios, salão de exposições, boates, clubes, circos, centro de convenções, restaurantes e congêneres);

X - Edificações Especiais:

- a) Arquivos;
- b) Cartórios;
- c) Museus;
- d) Bibliotecas;
- e) Estações de Rádio, TV;
- f) Centros de Computação;
- g) Subestação Elétrica;
- h) Centrais telefônicas/telecomunicações;
- i) Postos para reabastecimentos de combustíveis;
- j) Terminais Rodoviários;
- k) Oficina de conserto de veículos automotores.

XI - Depósito de inflamáveis;

XII - Depósito de explosivos e munições.

(SANTA CATARINA, 1994)

A NSCI/94, não traz uma classificação para silos de cereais. A classificação desse tipo de ocupação se dá referenciando a (IN n<sup>o</sup> 034/DAT/CBMSC), ou seja, se o silo está localizado em um ambiente industrial será classificado como tal, se estiver em um ambiente comercial, assim será sua classificação. Essa classificação não é a ideal, porém até que se atualize serão assim dimensionados, os cuidados para com um ambiente industrial, aplicando-se os sistemas mais comumente empregados, é feito de forma eficaz, no entanto é inviável concluir que um silo de cereal pode ser protegido simplesmente com tais sistemas, exemplo: se um dos maiores riscos presentes em um silo é o da explosão mediante o acúmulo de poeira no ambiente, qual a real eficiência de um sistema de hidrantes interno, em contra partida é prioritário um sistema de ventilação ou exaustão adequado para eliminar a possibilidade de uma concentração ideal de pó em suspensão.

Concomitantemente ocorrem os casos em que um silo é utilizado para o armazenamento sem nenhuma instalação próxima que possa se relacionar com o tipo de atividade, o que não é muito difícil de ocorrer, por exemplo, as cooperativas possuem boa parte dos silos que armazenam cereais no Estado catarinense, e geram dificuldade para a classificação quanto à ocupação dos mesmos.

### **7 3 2 Dificuldade de classificação**

A NSCI traz no seu capítulo I, que quando a ocupação for diferente das constantes na norma, o corpo de bombeiros determinará as medidas convenientes para a referida ocupação.

Art. 2 - Quando se tratar de tipo de ocupação das edificações ou de atividades diferenciadas das constantes nas presentes Normas, o Corpo de Bombeiros do Estado de Santa Catarina poderá determinar outras medidas que, a seu critério, julgar convenientes à Segurança Contra Incêndios. (SANTA CATARINA, 1994)

A adequada classificação evita que um mesmo tipo de atividade venha a ter mais de uma solução no tocante aos sistemas de segurança contra incêndio. E a inclusão de outros tipos de sistemas para proporcionar uma contenção eficaz dos riscos contidos em um silo de cereal.

### **7 3 3 Sistemas de proteção**

A NSCI traz os seguintes tipos de sistemas de proteção divididos entre os seguintes capítulos:

- CAP V - Sistema de Proteção por Extintores - SPE
- CAP VI - Sistema Hidráulico Preventivo - SHP
- CAP VII - Instalação de Gás Combustível - IGC
- CAPS VIII a XI - Saídas de Emergência - SE
- CAP XII - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPCDA
- CAP XIII - Iluminação de Emergência - IE

- CAP XIV - Sistema de Alarme e Detecção - SA
- CAP XV - Sistema de Chuveiros Automáticos (Sprinklers)
- CAP XVI - Sistema Fixo de Gás Carbônico - CO<sub>2</sub>
- CAP XVII - Sistema de Água Nebulizada em Alta Velocidade (Sistema mulsyfire)

No entanto, outros sistemas voltados para a retirada do pó são imprescindíveis para evitar os perigos em um silo. Para Sá (2008), deve-se utilizar a ventilação local por meio de exaustor, considerada a solução ideal. Esse tipo de proteção objetiva o bem está do trabalhador por eliminar os poluentes ainda na fonte evitando a dispersão no ambiente. A ventilação também evita o risco das explosões.

### **7 3 4 Requisitos para atividade industrial**

Os silos no Estado catarinense podem ser parte integrante de uma indústria, os sistemas de segurança para esses ambientes são:

Art. 17 - Nas edificações INDUSTRIAIS:

I . Independente do numero de pavimentos ou da área total construída, será exigido Sistema Preventivo por Extintores;

II - O Sistema Hidráulico será obrigatório para instalações com 750 m<sup>2</sup> ou mais e serão estabelecidos conforme as especificações das presentes normas;

III - Que façam uso de aparelhos técnicos de queima, deverão dispor de Gás Centralizado;

IV - Com mais de 750 m<sup>2</sup> de área total construída será exigido: Sistema de Iluminação e Emergência; Sinalização que auxilie o Abandono de Local; e Sistema de Alarme;

V - Com 4 ou mais pavimentos ou área superior a 750 m<sup>2</sup>, será exigida proteção por Pára-Raios;

VI - Setores que apresentam manipulação e/ou guarda de produtos formadores de gases explosivos, deverão ter as maquinas e outros equipamentos geradores de carga eletrostáticas devidamente aterrados; deverão ter também as instalações elétricas a prova de explosão;

VII - Com mais de um pavimento ou área total construída igual ou superior a 750 m<sup>2</sup>, deverão dispor de paredes Corta-Fogo, desde que a carga incêndio media seja superior a 120 kg/m<sup>2</sup>.

VIII - Serão exigidas Saídas de Emergência;

IX - Com mais de 20m de altura deverão dispor de pontos para Ancoragem de Cabos. (SANTA CATARINA, 1994)

### **7 3 5 Requisitos para atividade comercial**

Caso o silo esteja situado em uma área comercial temos como exigências:

Art. 16 - Nas edificações COMERCIAIS:

I - Com área superior a 50 m<sup>2</sup> ou com carga de fogo igual ou superior a 25 kg/m<sup>2</sup>, deverão dispor de Proteção por Extintores;

II - Com 4 ou mais pavimentos ou área total construída igual ou superior a 750 m<sup>2</sup>, será exigido Sistema Hidráulico Preventivo;

III - Independente da altura ou da área total construída, quando funcionarem instalações que utilizem aparelho técnico de queima, será exigido Gás Centralizado;

IV - Serão exigidas Saídas de Emergência;

V - Com área construída igual ou superior a 200 m<sup>2</sup>, desde que não existam saídas e/ou aberturas dando diretamente para o exterior, serão exigidas a instalação de Iluminação de Emergência;

VI - Com 4 ou mais pavimentos ou área total construída igual ou superior a 750 m<sup>2</sup>, será exigida proteção por Pára-Raios;

VII - Com área igual ou superior a 750m<sup>2</sup>, deverão dispor de Sistema de Alarme, Sinalização para Abandono de Local e Iluminação de Emergência nos ambientes, nas áreas de circulação e nas saídas de emergência;

VIII - Com mais de 20 m de altura deverão dispor de pontos para Ancoragem de Cabos;

IX - Que se destinarem ao armazenamento, manipulação e manutenção de recipientes de GLP ficam sujeitas, ainda as determinações em capítulos específicos;

X - Destinadas a distribuição, abastecimento ou venda a varejo de combustíveis e de lubrificantes para qualquer fim, ficam sujeitas a outras determinações especificadas em capítulo próprio. (SANTA CATARINA, 1994)

Observa-se que a simples classificação em um tipo, em detrimento de outro, pode trazer diferenças nas exigências para o silo, como por exemplo, a exigência de aterramento de máquinas e equipamentos para evitar a geração de energia estática e instalações elétricas intrinsecamente seguras.

### **7 3 6 Equipamentos intrinsecamente seguros**

O Art 385 traz uma condição sobre locais com risco de explosões, sendo assim aplicável aos silos de cereais. A utilização de equipamentos intrinsecamente seguros é uma vertente nesse tipo de instalação.

Art. 385 - Instalações em locais onde haja perigo de explosão, as luminárias ou blocos autônomos devem ser blindados, próprios para essa aplicação:

I - No caso de alimentação centralizada, a fonte deve estar localizada em local livre do risco de explosão, fora da área perigosa. Os circuitos devem estar em tubulação blindada.

II - Recomenda-se optar pela utilização de baixa tensão, 12V reduzindo a possibilidade de faiscamento.

(SANTA CATARINA, 1994)

### **7 3 7 A Instrução Normativa (IN nº 034/DAT/CBMSC)**

A IN 034 faz referência a atividade agropastoril, e considera instalações ou edificações com tais características:

Aviários;  
Chiqueiros e pocilgas;  
Estrebarias, estábulos e bretes;  
Estufas destinadas à produção de mudas ou hortifrutigranjeiros;  
Silo para estocagem de grãos;  
Secadores de grãos;  
Canis e gatis;  
Haras;  
Paiós;  
Criadouros diversos;  
Edificações para a secagem de folhas;  
Edificações para estocagem de forrageiras;  
Outros. (SANTA CATARINA, 2009)

O item 4.2.2.3 da IN 034, fala sobre silos, secadores de grãos e paiós e determina que seja instalado sistema de proteção contra descarga atmosférica quando a estrutura for metálica ou a altura superior a 12 metros. Extintores nas casas de máquina dos elevadores. A área para o dimensionamento dos sistemas independe da proximidade ou não de unidades de processamento ou comércio e determina que seja realizada proteção específica quando possuírem caldeiras ou fornalhas.

No entanto a grande providência que a IN 034 traz com relação aos silos de cereais está no item 4.2.1.4, que diz:

Para projetos de edificações agropastoris que possuam silos para armazenagem de grãos, devesse ser previsto “sistemas de supressão de explosão de pó” cuja concepção, dimensionamento e execução ficam sob inteira responsabilidade do responsável técnico pelo projeto/sistema, devendo ser recolhido e apresentada ao CBMSC a respectiva anotação de Responsabilidade Técnica – ART de projeto e, por ocasião da Vistoria de Habite-se a respectiva ART de execução. (SANTA CATARINA, 2009)

## 7 4 Considerações sobre silos e grãos de cereais em outras NSCI's

A norma de segurança contra incêndio de São Paulo (decreto estadual nº 46.076, de 31 de agosto de 2001), faz referência a elevadores de grãos, classificado entre às áreas de risco dentro das ocupações industriais (I-3), como de alto risco de incêndio. Conforme quadro 5.

I	Indústria	I-1	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam baixo potencial de incêndio. Locais onde a carga de incêndio não chega a $300\text{MJ/m}^2$	Atividades que manipulam materiais com baixo risco de incêndio, tais como fábricas em geral, onde os processos não envolvem a utilização intensiva de materiais combustíveis (aço; aparelhos de rádio e som; armas; artigos de metal; gesso; esculturas de pedra; ferramentas; fotogravuras; jóias; relógios; sabão; serralheria; suco de frutas; louças; metais; máquinas)
		I-2	Locais onde as atividades exercidas e os materiais utilizados apresentam médio potencial de incêndio. Locais com carga de incêndio entre 300 a $1.200\text{MJ/m}^2$	Atividades que manipulam materiais com médio risco de incêndio, tais como: artigos de vidro; automóveis, bebidas destiladas; instrumentos musicais; móveis; alimentos marcenarias, fábricas de caixas e assemelhados
		I-3	Locais onde há alto risco de incêndio. Locais com carga de incêndio superior a $1.200\text{MJ/m}^2$	Fabricação de explosivos, atividades industriais que envolvam líquidos e gases inflamáveis, materiais oxidantes, destilarias, refinarias, ceras, espuma sintética, elevadores de grãos, tintas, borracha e assemelhados

**Quadro 5: Classificação das Edificações e Áreas de Risco Quanto à Ocupação.**  
**Fonte: São Paulo (2001)**

No quadro 5 da Norma de São Paulo, algumas instalações são colocadas como de alto risco de incêndio como: Fabricas de explosivos, atividades industriais que envolvam líquidos e gases inflamáveis, materiais oxidantes, destilarias, refinarias,

ceras, espuma, sintética, elevadores de grãos, tintas, borracha e assemelhados. Ou seja, o risco de um incêndio ou uma explosão em silos de cereais é classificado juntamente com o risco de incêndio ou explosão em um depósito de explosivo, por exemplo, demonstrando o cuidado que deve ser dedicado a essa atividade.

A norma do Estado de Goiás, lei nº 15.802, de 11 de setembro de 2006, utiliza a mesma classificação que a norma de segurança contra incêndio de São Paulo, colocando os elevadores de grãos dentro da atividade industrial, vale lembrar que elevadores de grãos são elementos presentes nos silos para o transporte dos cereais desde sua chegada, seguindo pelo seu transporte através das células até sua saída do silo.

A lei Nº 1.787, de 15 de maio de 2007, que dispõe sobre a Segurança contra Incêndio e Pânico em edificações e áreas de risco no Estado do Tocantins, foi mais a frente. Essa lei traz no seu anexo I uma classificação parecida com as apresentadas anteriormente, a diferença é que na tabela I da classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação, tem-se um grupo com a letra N de descrição agroindústria de divisão N-1 que trata de: Silos, secadores de grãos, armazéns e similares.

E no quadro 6 das edificações de divisão N-1 com área superior a 750 m<sup>2</sup> ou altura superior a 12 m. especifica os sistemas de segurança que devem existir nesses ambientes.

Grupo de ocupação e uso	GRUPO N – AGROINDÚSTRIA					
Divisão	N-1 SILOS, ARMAZÉNS E SECADORES DE CEREAIS					
Medidas de Segurança contra incêndio	Deverão ser tomadas medidas de prevenção e combate a incêndio para o monitoramento, supressão e alívio de explosão de gases e/ou poeiras que devem ser incluídas no Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico, inclusive os tipos de válvulas, dispersores, neutralizantes e dispositivos de alívio e outras instalações. Na elaboração do Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico, os Sistemas de segurança deverão ser dimensionados considerando as peculiaridades de cada local da edificação, instalação, e local de risco a ser protegido.					
Acesso de Viatura na Edificação	X					

Saídas de Emergência	X					
Compartimentação Vertical	X					
Controle de Materiais de Acabamento	X					
Segurança Estrutural Contra Incêndio	X					
Plano de intervenção de incêndio	X					
Alarme manual	X					
Monitoramento de gases e poeiras	X					
Central de GLP	X					
SPDA	X					
Compartimentação Horizontal	X					
Iluminação de Emergência	X					
Brigada de Incêndio	X					
Sinalização de Emergência	X					
Extintores	X					
Hidrantes	X					

**Quadro 6: Medidas de Segurança para grupo agroindústria. Fonte: Tocantins (2007)**

Os silos são classificados, pela norma do Estado do Tocantins, como pertencentes ao grupo de agroindústrias, dentre as providências destaca-se a questão da compartimentação, tanto horizontal como vertical, o controle com os materiais de acabamento e principalmente a exigência do monitoramento de gases e poeiras, fator de grande importância, já que o foco é prevenção.

O correto dimensionamento dos silos de cereais proporciona a utilização de sistemas e meios de proteção contra incêndios e explosões adequados para evitar perdas econômicas e principalmente vidas humanas.

## 8 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS E MEDIDAS DE PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS E EXPLOSÕES EM SILOS

Existem algumas formas de prevenir os incêndios e explosões nos silos de cereais. A questão é adaptar as soluções de forma que o Corpo de Bombeiros possa orientar e fiscalizar a sua eficácia.

Relativamente a dimensão das partículas e a concentração do pó combustível o Corpo de Bombeiros pouco poderá interferir no campo da prevenção ou proteção contra explosões e incêndios. No entanto, poderá neste caso exigir que as empresas possuam um plano de controle de pó-combustível. (CASAGRANDE, 1999, p.33)

O controle do pó é, dessa forma, o meio mais eficaz de prevenção. Sá (2008) “Deve ser dada atenção à eliminação completa das poeiras dos edifícios que compõe a planta industrial, pois as explosões secundárias nos prédios vizinhos são potencialmente mais destruidoras”. Alguns procedimentos são recomendados para se evitar os incêndios e as explosões dentre eles temos como principais ações que podem ser reguladas pelo CBMSC.

### SUPER DIMENSIONAMENTO

Super dimensionar significa, do ponto de vista econômico, aumentar o custo da unidade ainda na fase de projeto. Sá (2008) devido ao alto custo inicial e a necessidade periódica de manutenção, esse método somente é recomendável em situações onde outros métodos, dito alternativos, não são interessantes pela localização particular da instalação.

No caso de explosões, a estrutura poderá ser submetida a uma onda de choque capaz de provocar danos estruturais à edificação. Esses danos podem ser desde pequenas rachaduras ou quebra de vidros até o colapso total da estrutura. As normas brasileiras não abordam de forma específica o dimensionamento de estruturas submetidas a ondas de choque. (SEITO *et al*, 2008, p.402)

## ESTANQUEIDADE

Uma explosão de pó pode gerar pressões na ordem de até  $7 \text{ kg/cm}^2$  em recintos fechados como em linhas de transporte pneumático, *Redlers*, silos, roscas transportadoras etc., portanto para evitar danos maiores estes elementos devem prover válvulas de alívio, contra aumento de pressões. Um recinto fabril raramente resistiria a tal pressão, as máximas de edificações, são da ordem de  $0,07 \text{ kg/cm}^2$ , portanto devem ter: telhados, aberturas, portas, e outros itens de resistência inferior às da construção, sob pena de haver perdas totais em tais eventos. (Sá, 2008, p.12)

Naschold (2008) ensina que nos elevadores, balanças, coletores e outros, equipamentos devem ser equipados alívios contra pressões (portas de explosão). Dependendo da eficiência desse sistema, a explosão poderá se dar somente no equipamento em questão, de forma que não progrida para outras áreas da planta.

Existem dispositivos que são instalados nas paredes de silos ou em dutos de transporte. Chamados de discos ou tampos de ruptura (alguns fabricantes chamam de janelas de explosão, sopro, ou *bursting discs*, formas e tamanhos variados, podem ser feitos de vários materiais. É um sistema usado para a descarga da pressão explosiva através de janelas e é provavelmente a mais usada e conhecida medida de proteção utilizada para controlar os efeitos de uma explosão no ambiente industrial. O sopro da explosão é destinado a evitar a destruição de um compartimento fechado devido à condição de sobre pressões causadas por uma explosão. O sistema é composto por membranas de ruptura que fornecem uma área prognosticável de alívio para uma pressão específica. A janela rompe a uma pressão específica e predeterminada. Ao ocorrerem pressões provenientes do início de uma explosão no interior do silo, ocorre o alívio dessa pressão direcionada para pontos seguros do *lay out* da instalação, possuem um bom tempo resposta. (FIKE METAL PRODUCTS, 1997; REMBE, 2004 *apud* BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005). Este sendo um equipamento fundamental para a segurança do empreendimento, devendo ser feito os investimentos necessários para a instalação e manutenção desse sistema.

Pascon (1998) ensina que alívio ou *venting*, é um dos meios mais comuns de controle de explosões, sendo utilizado para o escoamento da mistura não queimada bem como dos gases da combustão, comprimindo para o exterior do equipamento

onde ocorreu a explosão através de uma abertura adequada. Este escoamento acontece por discos de ruptura, painéis de explosão ou portas de explosão. Com dimensões e pressões de ajuste determinadas por parâmetros como: pressão máxima da explosão e severidade da explosão.

## SUPRESSÃO AUTOMÁTICA COM ATMOSFERAS INERTES

“As explosões de poeiras podem ser prevenidas com o emprego de gases ou poeiras inertes, os quais reduzem a concentração de oxigênio no interior do prédio de maneira que não haja propagação de chama através da nuvem de Pó.” (SÁ, 2008, p.25)

Para Betenheuser; Ferreira; Oliveira (2005) existe dois processos que utilizam corpos inertes, são eles: Os Frágeis - quando constituídos por depósitos de fina parede no qual é introduzida certa carga explosiva, que é detonada pelo sensor, rompendo as paredes e expandindo a carga supressora. Pressurizados - extintores, de grande velocidade de descarga, com agente supressor sob pressão de Nitrogênio. A abertura é por carga explosiva, mais lento que o frágil, adequado para pressões médias ou lentas.

Estes sistemas possuem um sensor de chama em um ponto localizado em regiões de risco, que identificando uma chama, ou faísca, aciona um dispositivo que libera substancias que interferem na propagação. O mecanismo de dispersão do agente supressor deve funcionar a alta velocidade, para chegar a milésimo de segundos. A sua iniciação é feita pelo próprio sensor. O agente supressor deve ser disperso em forma de neblina ou pó muito fino, de forma rápida, aproveitando a própria força da explosão inicial. (SÁ, 2008)

Características: líquidos, pós ou agentes halogenados deveram estar dentro de um recipiente selado colocado na parte superior do pavilhão e devem descarregar rapidamente.

Enquanto que alívio é uma forma passiva de proteção, a supressão depende de equipamentos de alta confiabilidade. Um sistema de supressão

típico compreende um detector de explosões, os injetores (supressores), as garrafas de agente supressor e uma unidade de controle central. A detecção normalmente é feita por pressão ou radiação. A garrafa do agente supressor é mantida pressurizada com nitrogênio, e permanece isolada nos injetores através de um selo. Este selo se rompe através de um agente detonante, acionado pela unidade de controle quando se iniciar a explosão no equipamento a ser protegido. O agente supressor é injetado na forma pressurizada. Como agentes supressores tem-se utilizado bicarbonato de sódio e hidrocarbonetos halogenados. (PASCON, 1998, p.55)

## VENTILAÇÃO GERAL DILUIDORA.

A ventilação geral diluidora é o método de insuflar ar em um ambiente ocupacional, a fim de promover uma redução na concentração de poluentes nocivos. Essa redução ocorre, uma vez que, ao introduzirmos ar limpo, e não poluído, em um ambiente contendo certa massa de um determinado poluente, faremos que essa massa seja dispersa ou diluída em um volume maior de ar, reduzindo, portanto, a concentração desses poluentes. A primeira observação a ser feita é a de que esse método de ventilação não impede a emissão dos poluentes para o ambiente de trabalho, mas simplesmente os dilui a valores adequados. Existem empresas que na busca de uma solução de menor custo, executam sistemas de injeção de ar nos locais poeirentos, porém, esta medida não é efetiva na segurança uma vez que locais de difícil acesso não são ventiladas e ali poderá ocorrer um evento danoso, ainda por serem sistema a baixas velocidades, em função de áreas grandes para a passagem do ar, acabam não arrastando as poeiras que sedimentam em locais diversos e que se acionadas podem evoluir para as indesejáveis explosões. (SÁ, 1999, p.14)

A ventilação geral diluidora objetiva a injeção de ar puro para evitar as atmosferas explosivas e, é realizada por ventiladores. “Os ventiladores são compostos basicamente pelo rotor que é a parte girante, pela carcaça, pelo acionamento, que poderá ser elétrico ou não e de seus acessórios como, proteção, tampa, registro, porta de inspeção, etc.” (NASCHOLD, 2008, p.11)

## VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA.

A ventilação local exaustora tem como principal objetivo captar os poluentes da fonte antes que os mesmos se dispersem pelo ambiente, também auxilia no resfriamento do local por retirar parte do calor, minimizando ou eliminando o risco de incêndio ou explosão.

As medidas de ventilação local exaustora nos processos de geração de pó, além de usar menores vazões, evitam que o pó se disperse no ambiente, formando depósitos indesejáveis sobre estruturas, tubulações e muitos outros locais de difícil acesso, porém, com enorme potencial de incêndio e explosões.

Desta forma, medidas devem ser observadas no sentido de se adequar um eficiente sistema exaustor para os locais onde haja formação de pó. Estas medidas quando tomadas na fase projeto são as que melhor satisfazem, além de minimizar o custo de implantação, pois evitam arranjos improvisados e pouco eficientes, entretanto em uma planta existente, um bom projetista poderá com bom senso conciliar sistemas seguros. (SÁ, 1999, p.15)

## CAPTADORES

Sá (2008) assinala que um bom captor é aquele que consegue aspirar o máximo de substâncias, com a menor vazão de ar, importando pois, o porte do equipamento, potência absorvida e tamanho dos dutos de transporte, sendo, indispensável que capture o máximo de poeira possível. Deve ser projetado de forma há não prejudicar a operação, manutenção e visibilidade do operador.

Segundo Naschold (2008) existem basicamente três tipos de captores, sendo:

- Enclausurados: onde a fonte poluidora fica dentro do captor, possui todos os lados fechados, os poluentes saem por dutos;
- Tipo cabines: onde existe entrada de ar em um dos lados. O operário fica confinado;
- Captores do tipo externo: Incluem abertura na sucção, usado comumente em peças que giram e não permitem o enclausuramento.

O Captor deve ser eficiente para retirar todo o pó capaz de ocasionar uma explosão, porém, sem afetar a matéria prima. SÁ (2008, p.18) considera “a vazão do ar exaurida pelo captor deve ser tal, que seja capaz de arrastar todos os poluentes gerados pela fonte, mas não tão elevada que possa arrastar a matéria prima do processo”.

## REDE DE DUTOS

A tubulação condutora do ar dos pontos ao sistema de separação deve ser bem dimensionada, para que não haja depósitos de material ao longo da mesma, nem que haja formação de eletricidade estática; deve ser provida de janelas de segurança e portas de inspeção. As velocidades de controle devem ser bem definidas para não usar potência em demasia, nem tão baixas que impliquem na ocupação de grandes áreas. Devem ser resistente

aos esforços mecânicos das pressões envolvidas, dilatações, aterramento, etc. (SÁ, 2008, p.18)

Segundo Pascon (1998) durante a explosão de poeira, grande quantidade de partículas pode ser ejetada, ao atingir a atmosfera externa, é levada a ignição pela frente de chama. Por isso devem ser direcionados para um lugar seguro, isso pode ser obtido através de defletores ou dutos. Se o percurso do fluxo existir pontos onde se deposite ou ocorra a formação de camadas de poeira, poderá haver dispersões e explosões sucessivas.

## ATERRAMENTO

Projetar o aterramento elétrico dos componentes eletro-mecânicos e pontos geradores de cargas eletrostática; ligações equipotenciais devem abranger todas as estruturas metálicas da instalação à malha de aterramento, da descarga atmosférica e dos condutores neutros; todos devem estar interligados. Projetar também sistemas de pára-raios. (BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005, p.24)

Não encontra-se na legislação brasileira uma norma clara sobre a forma de construção da instalação elétrica de uma unidade como um silo, de forma a evitar que surja uma fonte de ignição que ocasione uma detonação ou deflagração. “Ademais, não há nenhuma norma específica para o dimensionamento de construções à prova de explosão por pó”. (BETENHEUSER; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005, p.26)

## PULVERIZAÇÃO

NASCHOLD (2008) ensina que pulverização é o processo de pulverizar os locais de maior emissão de poluentes, com óleo supressor de pó ou com água pressurizada contendo um aditivo. Tanto o óleo ou água aditivada, são substâncias anti-poluentes, não inflamáveis, com pH neutro, não tóxico o qual penetram na superfície dos grãos, aglutinando as partículas sólidas em suspensão, evitando remissão e flutuação das poeiras. Este sistema é muito eficiente, no entanto, apresenta algumas desvantagens como: custo elevado do óleo ou aditivo por m<sup>3</sup> de grãos, não retira calor e umidade do ar e não promove a ventilação nos locais confinados de modo a satisfazer o bem estar dos trabalhadores.

## FILTROS COMPACTOS PONTUAIS

São tidos como alternativa em casos onde não possam ser instalados sistemas centrais de aspiração. Tem como vantagem as suas dimensões reduzidas.

Em alternativa aos sistemas centrais de aspiração, existem os filtros de cartuchos compactos, ideais para colocação sobre silos, trocas de correias, chutes, balanças e outros pontos de emissão de pó onde são necessários e impossível a colocação de sistemas centrais de aspiração. A grande vantagem deste equipamento é a aspiração do poluente e a descarga ser executada diretamente no ponto de geração do pó, tornando desnecessária a utilização de outros equipamentos à distância como filtros centrais, ventiladores e as tubulações de união de grandes percursos. Estas reduzidas dimensões dos filtros compactos são conseguidas graças a colocação de cartuchos plissados de poliéster de alto rendimento que substituem dezenas de mangas convencionais. (NASCHOLD, 2008, p.18)

Dado as características das atmosferas explosivas geradas por poeira de cereais, o recomendado é que se faça uma mescla dos sistemas buscando diminuir ao máximo o risco de um incêndio ou explosão em silos de armazenamento. Com a especificação de tais sistemas ou equipamentos mediante norma que torne obrigatório a sua implantação, e a fiscalização por parte do Corpo de Bombeiros, os casos de sinistros nesses locais seriam, reduzidos e até mesmo evitados.

Os equipamentos instalados em silos são importantes para a segurança das pessoas e do empreendimento e devem ser feito os investimentos necessários para instalação, manutenção e substituição de equipamentos que não estejam funcionando de maneira desejável ou que estejam ultrapassados como medidas de prevenção de incêndios e explosões. Bem como treinamentos com as pessoas que utilizam e/ ou fazem manutenção destes equipamentos, sendo estas lembradas rotineiramente da sua importância.

## 9 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo utilizou-se da revisão bibliográfica; verificando o que existe sobre o tema e quais as conclusões que trabalhos anteriores chegaram sobre a real eficiência dos sistemas preventivos nos silos de cereais.

Para a realização desta pesquisa e cumprimento dos objetivos propostos, foram desenvolvidas as seguintes etapas:

Primeira etapa da pesquisa: A técnica de pesquisa, que segundo Marconi e Lakatos (2007) é definida como o conjunto de preceitos ou processos de que se serve uma ciência ou arte, foi a documentação indireta, a revisão bibliográfica sobre incêndios e explosões em silos de cereais, buscou reunir obras e resultados de outras pesquisas disponíveis para a consulta, compreendendo o levantamento de dados relativos ao perigo relacionado a poeira de cereais;

Segunda etapa da pesquisa: Recomendações, visando dar subsídio para a elaboração de norma ou complemento da existente, sendo realizada no decorrer do trabalho, buscando a melhoria das condições de proteção, em silos de armazenamento de cereais. Identificando e propondo maneiras preventivas para diminuir a exposição à incêndios e explosões de poeiras de cereais, em silos.

Terceira etapa da pesquisa: Foi verificada a validade do estudo, e a viabilidade do mesmo ser aplicado na instituição CBMSC.

## 10 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada, no que tange os silos de cereais em Santa Catarina, investigou o risco de incêndios e explosões, relacionado com a poeira gerada no interior de silos de armazenamento de cereais.

Sobre a análise da influência do pó de cereais nos incêndios e explosões em silos de armazenamento, ficou evidente que não só influência, mas sim é determinante, estando o ambiente sob certas condições, para que o sinistro ocorra.

Foram identificados os melhores sistemas de proteção contra incêndios para silos de armazenamento de cereais. Geralmente são sistemas que retiram a poeira de cereal do ambiente ou utilizam substâncias inertes para evitar deflagrações e detonações, além dos sistemas de monitoramento.

A relação entre a concentração de pó de cereais com as possíveis fontes de ignição, concluiu que existe uma concentração ideal na qual o fenômeno pode ocorrer e essa concentração é que deve ser evitada. Essas concentrações, de acordo com tabelas da NFPA, são diferentes para os diversos tipos de cereais.

Porém, a proposta mais efetiva deste trabalho é a de alertar para a falta de informações sobre os sinistros ocorridos em silos de armazenamento de cereais e servi de subsídio para a modificação da Norma de Segurança Contra Incêndio, identificando silos de armazenamento de cereais como locais de alto risco de incêndios e explosões. O CBMSC através da (IN 034) faz citações a silos de cereais, no entanto, deve ser elaborada uma norma mais especifica com requisitos diferenciados, pois os silos de armazenamento de cereais em nada se aproximam das instalações ou locais que fazem parte da Instrução Normativa sobre atividades pastoris.

## 11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, este trabalho realizou uma análise das características englobadas em uma situação de incêndio ou explosão sobre ambientes onde haja a manipulação de cereais.

Os fatores de risco identificados foram: as dimensões do grão, a forma de manipulação, as fontes de ignição, a falta de dispositivos de seguranças condizentes com o risco e a falta de cultura dos perigos por parte dos trabalhadores e proprietários.

Dentre os cereais produzidos e armazenados em Santa Catarina, o milho, é o que apresenta um dos maiores riscos de explosões, apesar de toda poeira de cereal ser perigosa.

Do exposto considera-se a necessidade de medidas de proteção adequadas, às quais devem ser normatizadas e fiscalizadas pelo CBMSC:

a) Quanto a extinção: Em locais de muita poeira, os focos de incêndio não devem ser extintos com água ou com extintores convencionais, sempre usar gases inertes, pois a movimentação em atmosfera normal, pode causar turbulência, levantar nuvem e iniciar explosões.

b) Com relação ao maquinário, enclausuramento elétrico (cabos/ interruptores/ iluminação/ motores/ ferramentas/ aparelhos elétricos), detectores de poeira, fumaça e gases, amperímetros com alarme de sobre carga e correias transportadoras resistente a fogo.

c) Sobre o projeto: projetos adequados (edificações, pára-raios e sistemas captadores, instalações elétricas, exaustores, instalação de detectores de metais em elevadores de grãos e moinhos).

d) Medidas gerais: aterramento elétrico dos componentes eletromecânicos e pontos geradores de cargas eletrostáticas (exigir ART do aterramento), sistema de alívio de pressão, sistema de combate a incêndio, sistema de pulverização, sistemas de ventilação e sistema de supressão automática.

O estudo é válido para a instituição CBMSC, podendo ser utilizado como ponto de partida para demais trabalhos na área, sempre buscando a eficiência e eficácia da segurança contra incêndio no Estado.

Como proposta para trabalhos futuros sugere-se os estudos relativos ao risco de explosões e incêndios com gases em silos de cereais, para complementar e fortalecer a necessidade de cuidados especiais nesses ambientes, tratando os mesmos como perigosos, enquadrados como de alto risco.

O Estado de Santa Catarina, assim como toda a região Sul, é possuidor de uma grande quantidade de silos de cereais. Deve o CBMSC fazer essa modificação em sua NSCI, realizando dessa forma medidas no âmbito da instituição, para promover a segurança da população catarinense e de seu patrimônio, sempre em busca da qualidade máxima no cumprimento de sua missão.

## 12 REFERÊNCIAS

BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL. **ARMAZENAGEM DE GRÃOS EM SANTA CATARINA**. Florianópolis, 2004. Disponível em: <[http://www.brde.com.br/estudos\\_e\\_pub/Armazenagem%20de%20Gr%C3%A3os%20em%20Santa%20Catarina.pdf](http://www.brde.com.br/estudos_e_pub/Armazenagem%20de%20Gr%C3%A3os%20em%20Santa%20Catarina.pdf)>. Acesso em: 06 jul. 2008.

BETENHEUSER, Claudio; FERREIRA, Carlos Rodrigo; OLIVEIRA, Osvaldo Thibes Chaves de. **EXPLOSÃO DE PÓ EM UNIDADES ARMAZENADORAS E PROCESSADORAS DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E SEUS DERIVADOS- ESTUDO DE CASO**. UEPG, 2005, Disponível em: <[http://www.uepg.br/denge/eng\\_seg\\_2004/TCC/TCC%2017.PDF](http://www.uepg.br/denge/eng_seg_2004/TCC/TCC%2017.PDF)>. Acesso em: 28 jun. 2008.

BOL NOTÍCIAS: **HOMEM É SOTERRADO POR GRÃOS APÓS EXPLOSÃO DE SILO EM CAPÃO BONITO (SP)**, São Paulo, 21 Abr. 2009. Disponível em: <http://noticias.bol.uol.com.br/brasil/2009/04/21/ult4733u34463.jhtm>, acesso em: 22 Abr. 2009.

CASAGRANDE, Luciano Ferreira, **SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E EXPLOSÃO EM SILOS E LOCAIS DESTINADOS A ARMAZENAMENTO DE CEREAIS E SEUS DERIVADOS – SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO DE INSTRUÇÃO TÉCNICA (ITCB)**, São Paulo, 1999.

COAMO. **UNIDADES DE RECEBIMENTO, SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRICOLAS, ASPECTOS ESTRUTURAIS E CONTEUDOS ARMAZENADOS**, 2008. Disponível em: <[http://www.ibraf.org.br/x\\_files/Documentos/C%C3%A2mara\\_Setorial\\_Logistica/MAPA\\_Armaz%C3%A9ns\\_Coamo.pdf](http://www.ibraf.org.br/x_files/Documentos/C%C3%A2mara_Setorial_Logistica/MAPA_Armaz%C3%A9ns_Coamo.pdf)>. Acesso em: 06 jul. 2008

CORREIO DA MANHÃ: **O. AZEMÉIS: INCÊNDIO NA CAÇAROLA**. Portugal, 05 jun. 2008. Disponível em: <<http://www.correiodamanha.pt/noticia.aspx?contentid=3162720E-1B72-417D-835F-54A34C4117EB&channelid=00000021-0000-0000-0000-000000000021>>. Acesso em: 02 set. 2008.

COSTA RICA NET: **INCÊNDIO DESTRÓI SILO DE MILHO EM CHAPADÃO DO CÉU**. Mato Grosso do Sul, 19 fev. 2006. Disponível em: <<http://www.costaricanet.com.br/?pagina=mat.visual&m=1053&u=22&vr1=21&PHPSESSID=16418ce880bdceec5802aaf056aa6228>>. Acesso em: 02 set. 2008.

D'ARCE, Marisa A. B. Regitano. **PÓS COLHEITA E ARMAZENAMENTO DE GRÃOS**. Dept. Agroindústria, Alimentos e Nutrição ESALQ/USP, 2008.

Disponível em: <[http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/2444\\_armazenamento\\_togros.pdf](http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/2444_armazenamento_togros.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2008.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Hollanda. **Novo dicionário da língua portuguesa - Século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2º ed. 1993.

GAZETA DO SUL: **INCÊNDIO ATINGE SILO DE ARROZEIRA**. Rio Grande do Sul, 01 jun. 2005. Disponível em: <[http://gazeta.viavale.com.br/classificados/default.php?arquivo=\\_ultimas.php&intIdUltimaNoticia=14728](http://gazeta.viavale.com.br/classificados/default.php?arquivo=_ultimas.php&intIdUltimaNoticia=14728)>. Acesso em: 02 set. 2008.

GOIÁS. **LEI Nº 15.802, DE 11 DE SETEMBRO DE 2006**. Disponível em: <<http://www.bombeiros.go.gov.br/downloads/>>, acesso em: 09 de Mar. 2009.

HAJNAL, Roberto. **EXPLOSÕES DE PÓ EM SILOS**. CODESP Santos 2003. Disponível em: <[http://www.go4b.com/espanol/informacion\\_tecnica/Explosao%20de%20po%20em%20silos.pdf](http://www.go4b.com/espanol/informacion_tecnica/Explosao%20de%20po%20em%20silos.pdf)>. Acesso em: 06 jul. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa de Estoque Santa Catarina 2º Semestre de 2007. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/estoque/estoque\\_200702comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/estoque/estoque_200702comentarios.pdf)>, acesso em: 12 Out. 2008.

JUNIOR, Estellito R. Agente explosivo, **REVISTA PROTEÇÃO**, São Paulo, n 174, p.70-78, Jun. 2006

MARCONI, Marina de Andrade e LAKATOS, Eva Maria. **FUNDAMENTOS DE METODOLOGIA CIENTÍFICA**. 6. Edição. São Paulo: Atlas, 2007.

NASCHOLD, Carlos Ernesto. **PÓ – O PERIGO INVISÍVEL**. Disponível em: <<http://www.tecnomoageira.com.br/artigos/br/P%C3%B3%20o%20Perigo%20Invisivel,%20reportagem%20completa.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2008.

OLIVEIRA, Maico Jeferson de; PILATTI, Luiz Alberto; STADLER, Carlos Cezar. **O USO DO AR AMBIENTE NO PROCESSO DE MOAGEM DE TRIGO E O NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA FARINHA**, 2008. Disponível em: <[http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/Ebook/ARTIGOS2005/E-book%202006\\_artigo%2060.pdf](http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/Ebook/ARTIGOS2005/E-book%202006_artigo%2060.pdf)>. Acesso em: 20 Set. 2008.

PALMA, Giovano. **PRESSÕES E FLUXO EM SILOS ESBELTOS (h/d.1.,5)**, São Paulo, 2005. Disponível em: <[http://www.set.eesc.usp.br/pdf/download/2005ME\\_GiovanoPalma.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/pdf/download/2005ME_GiovanoPalma.pdf)>. Acesso em: 05 Ago. 2008.

PASCON, Paulo E. Sistemas de Proteção. **REVISTA PROTEÇÃO**. São Paulo, n 75, p 52-57, Mar. 1998.

PARANÁ ONLINE: **FOGO DESTROI SILO DE COOPERATIVA EM CASCAVEL**. Paraná, 13 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br/editoria/cidades/news/317660/>>. Acesso em: 27 ago. 2008.

\_\_\_\_\_. **INCÊNDIO EM SILO DE GRÃOS EM CASCAVEL**. Paraná, 20 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br/editoria/cidades/news/318974/>>. Acesso em: 02 set. 2008.

PHILLIPS, Jim. Áreas Perigosas. **NFPA Journal Latinoamericano**, Espanha, p. 14–19, mar. 2006.

REVISTA PROTEÇÃO, **PÓ PERIGOSO**, São Paulo, n 88, p 28-47, Abr. 1999.

SÁ, Ary de. **PREVENÇÃO E CONTROLE DOS RISCOS COM POEIRAS EXPLOSIVAS**, 2008. Disponível em: <[http://www.anest.org.br/noticias/explosoes\\_poeiras\\_siteanest\\_R1.pdf](http://www.anest.org.br/noticias/explosoes_poeiras_siteanest_R1.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2008.

\_\_\_\_\_. Explosões o perigo dos grãos. **REVISTA PROTEÇÃO**, São Paulo, n 83, p 50-55, Nov. 1998.

SÃO PAULO, **Decreto Nº 46.076, de 31 de Agosto de 2001**, Disponível em: <[http://www.ccb.polmil.sp.gov.br/seguranca\\_incendio/decreto/decreto.htm](http://www.ccb.polmil.sp.gov.br/seguranca_incendio/decreto/decreto.htm)>, acesso em: 09 de Mar. 2009.

SANTA CATARINA. **Constituição Estadual** (1989). Ed. Divisão de Divulgação e Serviços Gráficos da Assembléia Legislativa do Estado de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

\_\_\_\_\_. Corpo de Bombeiros Militar. **Apostila do Curso de Formação de Bombeiro Combatente**. Florianópolis, 2006

\_\_\_\_\_. Decreto nº 4.909, de 18 de Outubro de 1994. **Normas de Segurança Contra Incêndio**. 2. ed. Florianópolis: Edeme, 1994.

\_\_\_\_\_. Corpo de Bombeiros Militar. **Instrução Normativa (IN nº 034/DAT/CBMSC)**, de 16 de Abril de 2009. Disponível em: <<http://www.cbm.sc.gov.br/dat/index.htm>>. Acesso em: 25 Mai. 2009.

SEITO, Alexandre Itiu; GILL, Afonso Antonio; ONO, Fabio Domingos Pannoni Rosaria; SILVA, Silvio Bento da; CARLO, Ualfrido Del; SILVA, Valdir Pignatta e. **A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL**. São Paulo: Projeto editora, 2008.

SILVA, Luiz Cesár da. **MANUTENÇÕES EM UNIDADES ARMAZENADORAS**. UFES, 2005. Disponível em: <[http://www.agais.com/ag0705\\_manu\\_ua.pdf](http://www.agais.com/ag0705_manu_ua.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2008.

SOUZA, Luiz Fernando. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (org). **EXPLOSÕES DE PÓ**. Apostila, 1992.

SPENCER, Amy Beasley. **PÓ QUANDO UMA MOLÉSTIA SE TORNA MORTAL**. **NFPA Journal Latinoamericano**. Espanha, p. 16-20, mar. 2009.

SPENCER, Max R. **ALMACENAJE Y MANIPULACIÓN DE CEREALES Y PRODUCTOS DERIVADOS**, **Manual de Protección Contra Incendios**. P. 371-382, 1993.

SUL NEWS: **BOMBEIROS DOMINAM O FOGO NOS SILOS DA COPASUL**. Mato Grosso do Sul, 10 ago. 2008. Disponível em: <[http://www.sulnews.com.br/ler.asp?id\\_noticia=11830](http://www.sulnews.com.br/ler.asp?id_noticia=11830)>. Acesso em: 02 set. 2008.

TOCANTINS, **LEI Nº 1.787, DE 15 DE MAIO DE 2007**, Disponível em: <http://bombeiros.to.gov.br/interna.php?tipo=estatico&id=66>, acesso em: 12 de Mar de 2009.