

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO LIMA DE MORAIS

**PREVENÇÃO DE ACIDENTES POR EXPLOSÕES EM SILOS DE
ARMAZENAMENTO DE GRÃOS**

CAMPO MOURÃO

2019

THIAGO LIMA DE MORAIS

**PREVENÇÃO DE ACIDENTES POR EXPLOSÕES EM SILOS DE
ARMAZENAMENTO DE GRÃOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Jorge Luis Nunes de Góes, Dr. Eng.

Coorientador: Prof. Jeferson Rafael Bueno, Dr. Eng.

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

PREVENÇÃO DE ACIDENTES POR EXPLOSÕES EM SILOS DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS

por

THIAGO LIMA DE MORAIS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10h20min do dia 03 de dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^ª. Dr^ª. Fabiana Goia Rosa de Oliveira

(UTFPR)

Prof. Dr. Marcelo Rodrigo Carreira

(UTFPR)

Prof. Dr. Jeferson Rafael Bueno

((UTFPR)

Co-orientador

Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof^ª.Dr^ª. Paula Cristina de Souza

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, por serem exemplos em todos os momentos, por me apoiarem em todas as decisões e por não medirem esforços para proporcionar a oportunidade de cursar engenharia civil.

Aos professores que contribuíram para a formação com excelência pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em especial ao professor Jorge Góes que me auxiliou na realização do trabalho.

Aos meus amigos dentro na universidade e aos de fora, que dividiram momentos de angústia e felicidade, me dando suporte para continuar sempre que necessário.

Agradeço também a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo auxílio em forma de bolsa, através do Edital 1/2019 - PROREC/PROGRAD - Apoio à execução de trabalhos de conclusão de cursos – TCC.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo relacionado à saúde e segurança do trabalho, voltada ao risco de explosões geradas por poeiras em ambientes agrícolas, em especial, em silos de armazenamento de grãos e estruturas anexas. Para isso foram estudadas as normas brasileiras que regulamentam as unidades de armazenamento de beneficiamento de grãos, bem como a norma Estadunidense. Para verificação da aplicação das normas de prevenção de acidentes em unidades de armazenamento de grãos foram realizadas duas visitas no estado do Paraná e, a partir dos dados coletados foi possível avaliar a aplicação das recomendações normativas. Conforme observado, pode-se notar que o cenário encontrado nas duas unidades é problemático, não atendendo todos os requisitos recomendados por norma, não apresentando diversos métodos de prevenção, e quando apresentados, não são suficientes para garantir a segurança no local de trabalho. Sendo assim faz-se necessário outros trabalhos alinhados a este para comprovar o resultado do estudo com uma maior quantidade de amostras, para constatar se o que foi encontrado em uma região se estende para o cenário nacional.

Palavras-chave: Prevenção. Explosão. Silo. Segurança. Poeira.

ABSTRACT

This paper presents a study related to labor health and security, focused on the risk of dust explosions in agricultural environments, specifically in grain storage silos and attached structures. For that, the Brazilian norms that control the grain processing storage units were studied, as well as the US standards. To verify the application of accident prevention in grain storage units, two visits were made in the state of Paraná, and from the collected data, it was possible to evaluate the application of normative recommendations. According to that, it can be noted that the scenario in both units are problematic, not meeting all the requirements recommended by the American standard and not presenting several prevention methods, and when they are presented, they are not enough to guarantee the safety in the workplace. Further research aligned to this paper will be necessary for the study to reach a larger quantity of samples, to verify if what was found can be applied to other regions in the country.

Keywords: Prevention. Explosion. Silo. Safety. Dust.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do trabalho.....	14
Figura 2: Armazém horizontal ou graneleiro.....	19
Figura 3: Armazém graneleiro fundo plano.....	19
Figura 4: Silo de armazenamento.....	20
Figura 5: Fundo dos silos.....	20
Figura 6: Fluxograma básico de uma unidade armazenadora à granel.....	21
Figura 7: Descarga do material.....	22
Figura 8: Máquina de pré-limpeza.....	23
Figura 9: Secador de grãos.....	24
Figura 10: Esteira transpostadora.....	25
Figura 11: Triângulo do fogo.....	25
Figura 12: Tetraedro do fogo.....	26
Figura 13: Explosões de poeiras por atividade.....	27
Figura 14: Danos causados por explosão de poeira.....	29
Figura 15: Temperatura de ignição de nuvens de poeira.....	34
Figura 16: Principais causa de ignição em exploões de poeiras.....	35
Figura 17: Sistemas de movimentação de grãos.....	40
Figura 18: Painéis para alívio de pressão.....	41
Figura 19: Insuflador de ar.....	42
Figura 20: Exaustor de ar.....	43
Figura 21: Descarga de caminhão na moega com o uso de tombador.....	44
Figura 22: Luminárias blindadas.....	45
Figura 23: Tomada e conector blindados.....	46
Figura 24: Acumulo de pó em motor elétrico.....	48
Figura 25: Modelo de plano de limpeza anexo B.....	49
Figura 26: Silo de armazenamento unidade A.....	54
Figura 27: Bateria de silos da unidade B.....	55
Figura 28: Silo de armazenamento unidade B.....	56
Figura 29: Sistemas de transporte dos grãos.....	58
Figura 30: Secador unidade B.....	59
Figura 31: Quadro de disjuntores e de comando.....	60
Figura 32: Sistema de movimentação de ar nos silos da unidades A e B.....	61

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
LIE	Limite Inferior de explosividade
LSE	Limite Superior de explosividade
MAPA	Ministério Agricultura Pecuária e Abastecimento
NBR	Norma Brasileira
NFPA	National Fire Protection Association
NPT	Norma de Procedimento Técnico
NR	Norma Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
PMP	Pressão Máxima de Explosão
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UBAG	Unidade de Beneficiamento e Armazenamento de Grãos
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VMP	Velocidade Máxima de Pressão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos	12
1.2 Justificativa	12
1.3 Estrutura do trabalho	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Segurança do trabalho	16
2.2 Unidades de recebimento e beneficiamento de grãos	16
2.2.1 Sistemas de armazenamento	18
2.2.2 Armazéns horizontais	18
2.2.3 Silos verticais	19
2.2.4 Etapas para beneficiamento e armazenamento de grãos.....	21
2.3 Atmosferas explosivas	25
2.4 Explosões de poeira	27
2.5 Fatores que influenciam explosões de poeiras	31
2.5.1 Dimensão da partícula	32
2.5.2 Concentração de poeiras	32
2.5.3 Umidade das partículas	33
2.5.4 Concentração de oxigênio	33
2.5.5 Fonte de ignição	34
2.6 Métodos e equipamentos para prevenção e combate a explosões de poeiras	36
2.6.1 Treinamento.....	37
2.6.2 Monitoramento	38
2.6.3 Movimentação dos grãos	39
2.6.4 Sistema de exaustão	41
2.6.5 Instalações elétricas	44
2.6.6 Manutenção	47
2.6.7 Limpeza	48
2.6.8 Material inerte	50
3 MÉTODO	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53

5 CONCLUSÕES	63
6 REFERÊNCIAS	64
7 APÊNDICES	68

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio no Brasil contribui significativamente para a economia brasileira, gerando emprego e renda para milhões de brasileiros. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, (MAPA, 2015), na safra 2020/2021, o Brasil disputará liderança na produção de alimentos com Estados Unidos. Os produtores vêm obtendo recordes de produção a cada safra, aumentando o volume de grãos significativamente, contudo a estrutura de armazenagem não vem acompanhando esse crescimento. A possibilidade do aumento da produtividade no campo cria expectativas para o desenvolvimento e aperfeiçoamento das técnicas de armazenagem de grãos.

Os silos têm como principal vantagem o armazenamento por longo período, sem a perda de qualidade de grãos, e isso se dá devido ao aprimoramento do processo de colheita, limpeza, secagem, controle de insetos e prevenção de fungos (SANTOS, 2009).

No entanto, em função da complexidade e dimensão, os silos podem ser centros de graves acidentes do trabalho, por serem caracterizados como espaços confinados, enclausurados, perigosos e traiçoeiros (SÁ, 2007; AMARILLA et al., 2012). Sérios acidentes, muitos deles fatais, ocorrem por quedas de altura, asfixia na massa de grãos, intoxicação, choque elétrico e alto potencial de riscos de incêndios e explosões devido ao acúmulo de poeiras no interior do silo, e que também acabam se depositando nas máquinas e nos equipamentos elétricos (RANGEL JR., 2008).

A presente pesquisa aborda, principalmente, a questão da explosão de poeiras em silos, por meio da busca de informações de requisitos para a prevenção e combate a explosão, normas e regulamentações relacionadas a explosões por sólidos dispersos no ar.

Para complementar a proposta da pesquisa, foram realizadas visitas técnicas, no estado do Paraná, com o intuito de verificar as condições dos silos em unidades de armazenagem em pleno funcionamento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Identificar os requisitos de prevenção e combate a explosão em silos de armazenamento de grãos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Indicar códigos, normas técnicas e regulamentadoras, procedimentos técnicos e instruções referentes à segurança contra explosões em silos armazenadores de produtos agrícolas;
- Caracterizar a explosão devido a sólidos dispersos no ar;
- Realizar visitas técnicas em silos agrícolas na região de Campo Mourão para avaliar as condições e sistemas referentes a prevenção de explosões de poeiras.

1.2 Justificativa

O agronegócio no Brasil vem se destacando no cenário mundial, de acordo com o décimo segundo levantamento da safra brasileira de grãos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), a produção do ano 2018 foi estimada em 228,3 milhões de toneladas. Segundo a organização para a cooperação e desenvolvimento econômico, dentre todas as culturas, a soja tem posição de destaque atingindo produção de 119,3 milhões de toneladas sendo a segunda posição na produção mundial (FAO, 2017).

Com uma produção de grãos em desenvolvimento no país, nota-se o aumento das cooperativas, no ano de 2000, eram aproximadamente 6.000, já em 2009, estes números superaram a marca de 7.500 cooperativas, com mais de 8 milhões de associados, dentre elas 21% são do agronegócio. Tais cooperativas contam com uma série de estruturas, que juntas formam unidades de recebimento e beneficiamento de grãos.

O recebimento e beneficiamento dentro das cooperativas, gera uma série de riscos as pessoas que participam ativamente do processo. Um dos riscos que pode gerar grande dano é a explosão devido a quantidade excessiva de sólidos dispersos

no ar, também conhecidas como “explosões de poeiras”, entretanto é um risco pouco abordado nos estudos nacionais.

Os Estados Unidos, maior produtor mundial de grãos, utiliza da NFPA 68:2007, uma regulamentação específica e direcionada para a construção de estruturas em risco de explosões de poeiras. Entretanto no Brasil, que possui produção agrícola que se aproxima das quantidades produzidas nos Estados Unidos, as regulamentações não seguem o mesmo padrão estabelecido internacionalmente.

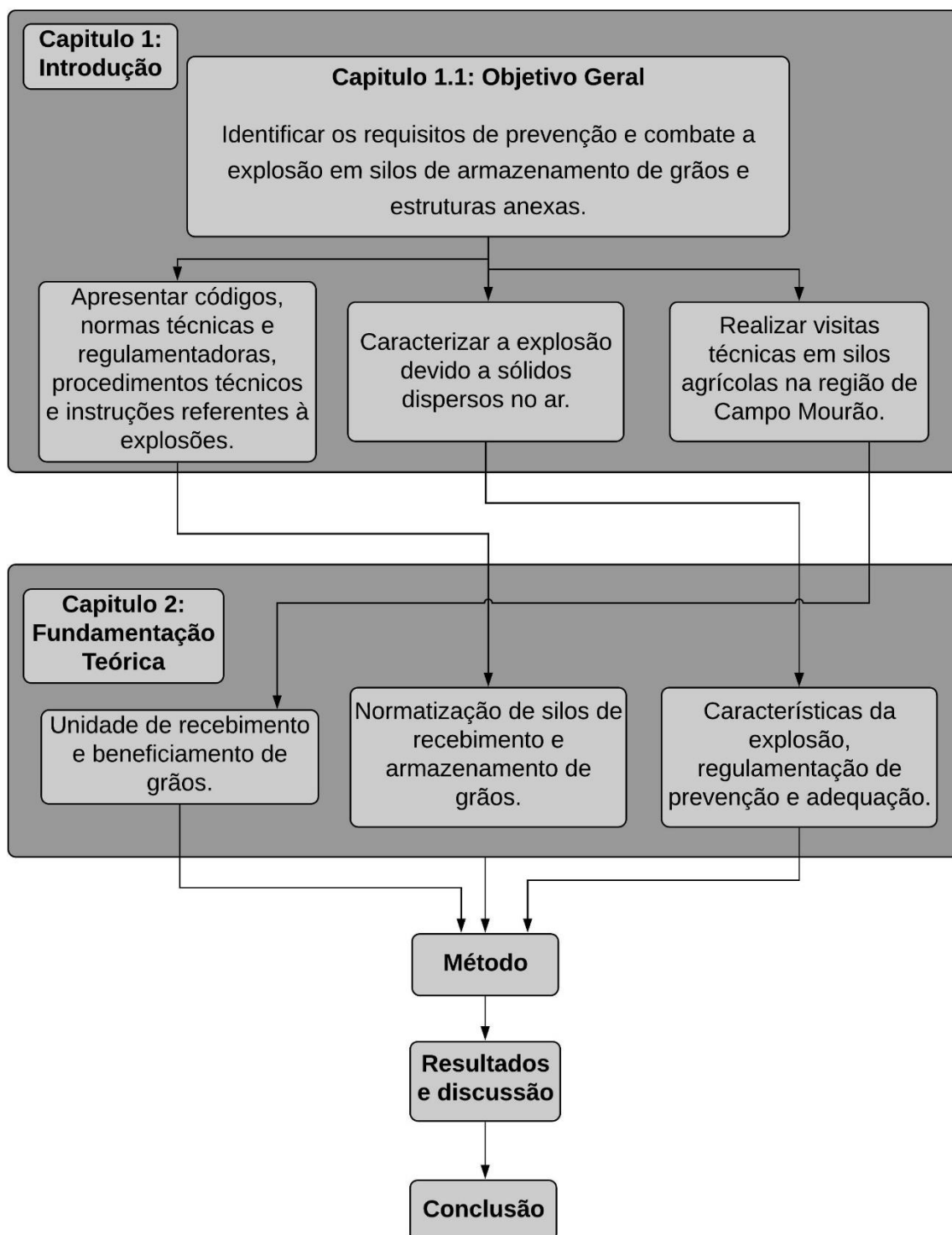
Para a construção de tais estruturas dentro do território nacional, tem-se que buscar diversas normas e instruções que podem mudar de um estado para o outro, tornando o cenário nacional não padronizado quanto aos métodos e sistemas de segurança.

Considerando-se que no Brasil existem diversas normas e instruções sobre o assunto e que não são padronizadas em todos os estados, este trabalho visa sintetizar as principais normas e instruções normativas de diferentes órgãos governamentais sobre o assunto, de forma que possa colaborar para o melhor entendimento do tema.

1.3 Estrutura do trabalho

O fluxograma representado na Figura 1 mostra a estrutura que foi utilizada para auxiliar na organização trabalho. Com a formulação do objetivo geral, foram traçados três objetivos específicos e um deles origina o capítulo 1 de revisão bibliográfica, e os outros dois juntos para concepção do capítulo 2, que aborda o problema por diferentes perspectivas. Em sequência, a metodologia foi desenvolvida de acordo com a fundamentação teórica, que proporcionou realizar as visitas técnicas e o desenvolvimento dos resultados.

Figura 1: Estrutura do trabalho.



Fonte: Autoria própria (2019).

O capítulo 1 consiste na introdução do trabalho e contém os objetivos gerais e específicos e a justificativa apontando a relevância do tema.

O capítulo 2 é o capítulo de fundamentação teórica acerca do tema, discorre inicialmente acerca do tema segurança do trabalho, em sequência aborda unidades

de recebimento e beneficiamento de grãos, o que são atmosferas explosivas, e as explosões de poeiras, e as medidas de prevenção dos acidentes.

O capítulo 3 aborda a metodologia do trabalho, e como ocorreu a verificação das unidades onde as visitas foram realizadas.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos nas unidades, proporcionando analisar o cumprimento das recomendações das normativas para o devido funcionamento das unidades.

O capítulo 5 é a conclusão do trabalho, analisando os resultados conclui-se qual o cenário das unidades visitadas, quais as possibilidades diante desse cenário, e propõem a continuação do desenvolvimento do tema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo são apresentados os conceitos sobre segurança do trabalho, unidades de recebimento e beneficiamento de grãos, os diferentes sistemas de armazenagem. Em consequência dos sistemas de beneficiamento e armazenagem surgem desafios que devem ser analisados, desta forma também são apresentados os conceitos fundamentais para formação de atmosferas explosivas, e quais as principais características que podem gerar explosões de poeiras, e assim desenvolvendo o tema da prevenção de acidentes.

2.1 Segurança do trabalho

A segurança e saúde no trabalho (SST) é um conjunto de materiais e métodos que buscam prevenir acidentes e doenças profissionais, para promover e proteger a saúde dos trabalhadores. Um programa de segurança e saúde do trabalho é parte do sistema de gestão de uma organização utilizado para desenvolver e implementar as políticas de SST e gerir os riscos correspondentes (Silva, 2015).

Segundo a ABNT ISO NBR 45001:2018 - Sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional, um sistema de gestão tem por objetivo fornecer uma estrutura para gerenciar os riscos e oportunidades de saúde e segurança ocupacional (SSO).

Os objetivos e os resultados pretendidos do sistema de gestão de SSO são prevenir lesões e problemas de saúde relacionados ao trabalho para os trabalhadores e proporcionar locais de trabalho seguros e saudáveis; conseqüentemente, é extremamente importante para a organização eliminar os perigos e minimizar os riscos, tomando medidas preventivas e de proteções efetivas.

Em continuidade a proposta do trabalho são abordados métodos e procedimentos que podem ser aplicados para elaboração do programa de saúde e segurança do trabalho e prevenção de acidentes, voltado diretamente ao risco de explosão de poeiras em silos de armazenagem de grãos.

2.2 Unidades de recebimento e beneficiamento de grãos

As unidades de recebimento e beneficiamento de grãos, de cooperativas e unidades particulares, juntas formam um sistema de armazenagem que deve apresentar a capacidade de receber toda a produção agrícola nacional, e ainda contar com a possibilidade da entrada de produtos internacionais no mercado interno.

Segundo Gallardo et al. (2009), a recomendação da organização das nações unidas para a alimentação e a agricultura (FAO), é de que a capacidade estática de armazenagem, de um país seja igual a 1,2 vezes sua produção agrícola anual.

A safra do ano de 2018 no Brasil foi estimada em 228,3 milhões de toneladas, enquanto a capacidade de armazenamento estático do país, segundo dados do IBGE (2018), está em aproximadamente 169 milhões de toneladas, divididos em armazenamento convencional, armazéns graneleiros e silos agrícolas. Demonstrando a possibilidade de crescimento no sistema de armazenamento.

O processo de armazenamento de grãos não proporciona melhoria na sua qualidade, entretanto tem a responsabilidade de manter, logo, somente boas práticas de armazenamento conservam a qualidade física e fisiológica dos grãos (BAUDET; VILLELA, 2000).

Para as unidades realizarem o armazenamento adequado é necessário um processo que maximiza o tempo de armazenamento, proporciona o padrão necessário para a indústria nacional beneficiar o produto e também para a exportação da matéria prima.

O processo ocorre através de uma série de estruturas em que os grãos são levados até chegar ao consumidor final. De modo geral as operações são: recepção, limpeza, secagem, armazenagem e movimentação. Milman (2002), afirma que essas operações são denominadas pré-processamento de grãos, e os locais onde são realizadas são as Unidades Beneficiadoras de Grãos (UBG). Os locais que também apresentam estruturas de armazenagem são denominados Unidades de Beneficiamento e Armazenagem de Grãos (UBAG).

A classificação das unidades armazenadoras se dá quanto a sua localização, segundo Weber (2005):

- Produtoras: Encontradas nas empresas agrícolas ou pessoas físicas, junto às propriedades, geralmente, de pequeno porte atendendo um único produtor.

- Coletoras: Estão localizadas a uma distância média das propriedades rurais e servem a vários produtores, sendo assim maiores que as produtoras.

- Intermediárias/ Subterminais: Estas unidades armazenam produtos de origem das fazendas ou das unidades coletoras. Localizam-se em pontos estratégicos do sistema viário, reunindo a produção que posteriormente são direcionadas para unidades terminais.

- Terminais: São as unidades localizadas junto aos grandes centros consumidores, de onde o produto sai para o consumo imediato. Também são assim denominadas, as encontradas junto aos portos para a exportação de grãos.

A armazenagem dos grãos pode ser feita de duas formas principais: sem embalagens, ou seja, a granel, ou acondicionada em volumes, normalmente sacarias. O armazenamento por sacarias é utilizado em caráter de emergência, pois dispõem maior custo de movimentação e são utilizadas por pequenos períodos de tempo, para não afetar a integridade do grão. Silva et. al. (2000) afirmam que a armazenagem a granel, corresponde a compartimentos individualizados, construídas de chapas metálicas, de concreto ou alvenaria.

2.2.1 Sistemas de armazenamento

Dentro das unidades de recebimento e beneficiamento de grãos, o sistema de armazenamento a granel dos cereais ocorre em dois tipos principais de estruturas, os armazéns horizontais, conhecidos comumente por armazéns graneleiros, e os silos verticais. Ambos apresentam condições necessárias à preservação da qualidade do produto durante maiores períodos de tempo.

No Brasil, desde maio de 2000, através da Lei de número 9.973, que aborda a armazenagem no território nacional, exige a aplicação de recursos tecnológicos para controle da aeração, termometria e outras providências com o objetivo de minimizar perdas e melhorar o controle de estoque com informações sobre capacidades de beneficiamento e a capacidade de armazenamento estático nas unidades, sendo particulares ou públicas, e fornecimento de dados para o Cadastro Nacional de Armazenagem.

2.2.2 Armazéns horizontais

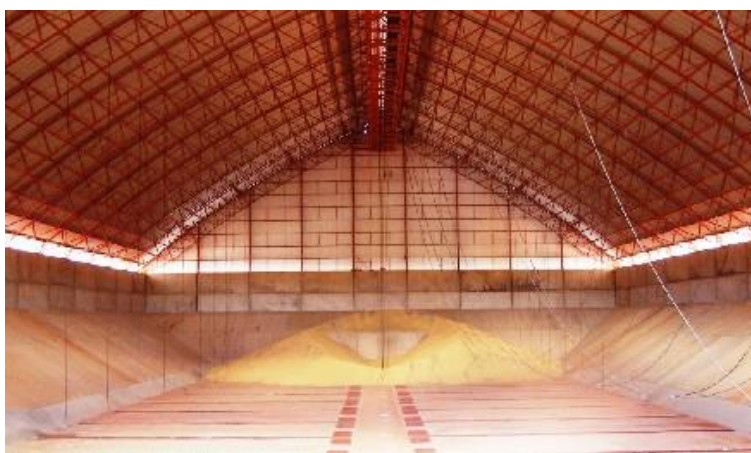
Os armazéns graneleiros são unidades de grande capacidade, que apresentam predominância de comprimento em relação a largura. Normalmente possuem fundo plano, ou em V. Essas unidades armazenadoras são instaladas ao nível do solo ou semi enterradas (WEBER, 2005). Na figura 2 e 3 pode-se observar o os armazéns graneleiros.

Figura 2: Armazém horizontal ou graneleiro.



Fonte: Baal (2013).

Figura 3: Armazém graneleiro fundo plano.



Fonte: NPT 027 (2018).

2.2.3 Silos verticais

Silo, segundo Milman (2002), é uma estrutura isolada, projetada para armazenamento de grãos a granel, geralmente de forma cilíndrica e construída em concreto ou de chapas metálicas corrugadas ou lisas. Sua estrutura do silo é composta por corpo cilindro e cobertura cônica, interligados entre si.

O cilindro, ou costado, suporta principalmente os esforços solicitantes do produto armazenado e, secundariamente, os esforços oriundos de intempéries, sendo, no caso do silo metálico, composto por chapas.

A cobertura cônica suporta os esforços do próprio peso, dos acessórios (por exemplo, respiros, mecanismos espalhadores de grãos, cabos para a medição de temperatura na massa armazenada). Na figura 4 pode-se observar um silo metálico.

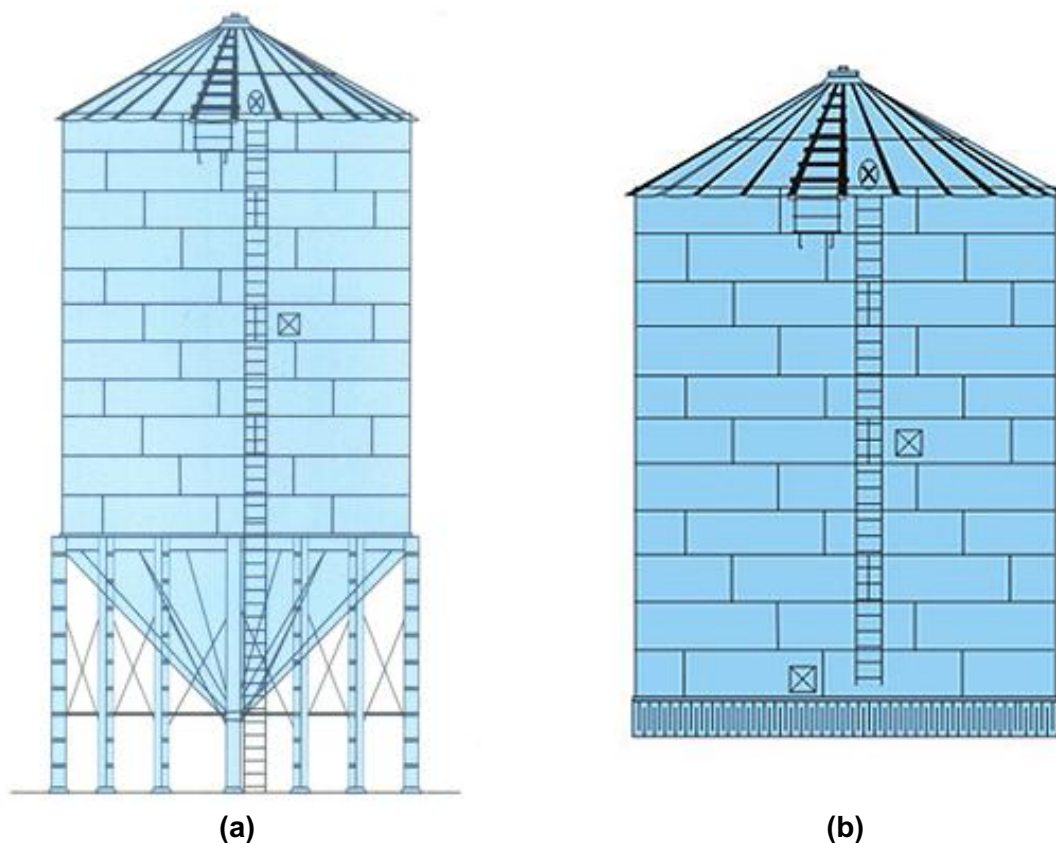
Figura 4: Silo de armazenamento.



Fonte: Kepler Weber (2016).

O fundo do silo é seu fechamento inferior, pode ser plano, cônico e parcialmente cônico. A base é a estrutura que transfere as cargas verticais que atuam no silo para o solo. Como apresentado na Figura 5, no item (a) o modelo de silo possui fundo cônico, enquanto no item (b) possui fundo plano.

Figura 5: Fundo dos silos.



Fonte: Baal (2013).

Os silos devem ser munidos de sistemas de carga e descarga, e dependendo da aplicação, sistemas de monitoramento, de aeração e termometria, para garantir a integridade e conservação dos grãos.

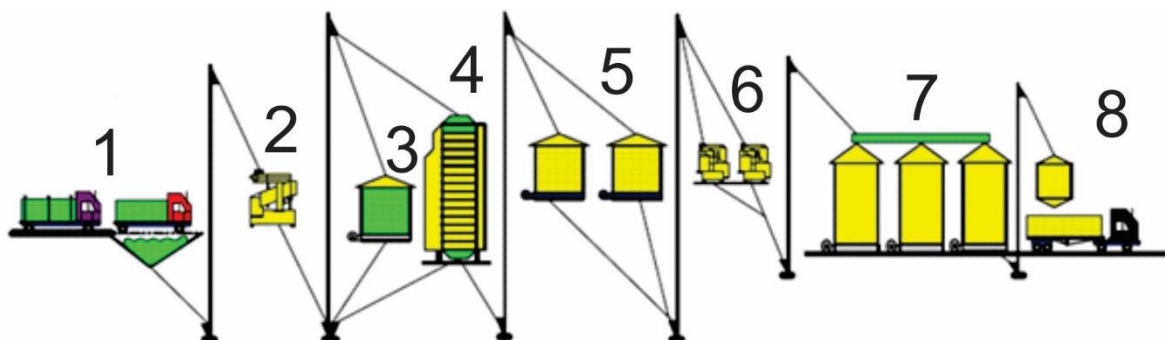
2.2.4 Etapas para beneficiamento e armazenamento de grãos

Segundo Weber (2005), as unidades armazenadoras, quando são projetadas, preveem algumas etapas principais, modificadas de acordo com a determinação do funcionamento da unidade.

As estruturas mais presentes nas unidades são: a estrutura de recepção (moegas, silos-pulmões), limpeza (máquinas processadoras de pré-limpeza e máquinas de limpeza), secagem (secadores e fornalhas), armazenagem (silos verticais e graneleiros) e expedição de produtos.

No fluxograma da Figura 6, demonstra-se de maneira simplificada como funciona o processo dentro de uma unidade, desde seu recebimento até seu armazenamento.

Figura 6: Fluxograma básico de uma unidade armazenadora à granel.



Fonte: Adaptado de Testa (2018).

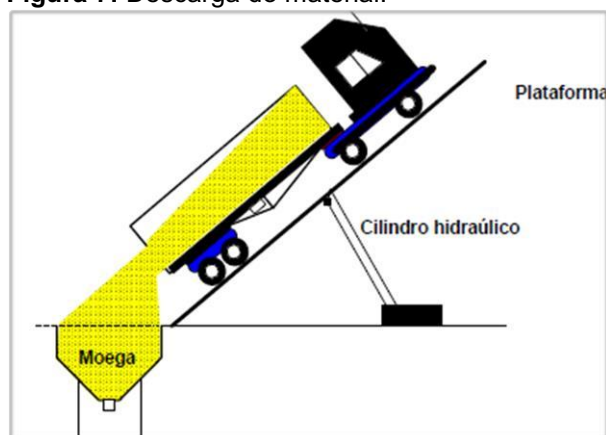
As estruturas representadas na Figura 5 são:

- 1 - Moega;
- 2 – Máquina de pré-limpeza;
- 3 – Silo-Pulmão;
- 4 – Secador;
- 5 – Silo para seca-aeração;
- 6 – Máquinas de limpeza;
- 7 – Setor de armazenagem;
- 8 – Expedição.

O processo de beneficiamento e armazenamento é semelhante para todos os tipos de grãos que são processados, sofre pequenas alterações dependendo das características do grão, como por exemplo, se estiver com alta umidade pode haver a necessidade de passar mais de uma vez pelo processo de secagem.

A primeira etapa do processo é o recebimento dos grãos, o caminhão transportador com auxílio do tombador, deposita todo o material dentro da moega, ilustrado na Figura 7. No item a está representado como funciona o tombador e como os grãos são depositados dentro da moega. No item b está representada uma moega de uma unidade que não possui tombador, portanto o caminhão deve bascular o material na entrada da moega.

Figura 7: Descarga do material.



Fonte: Saur (2017).

(a)

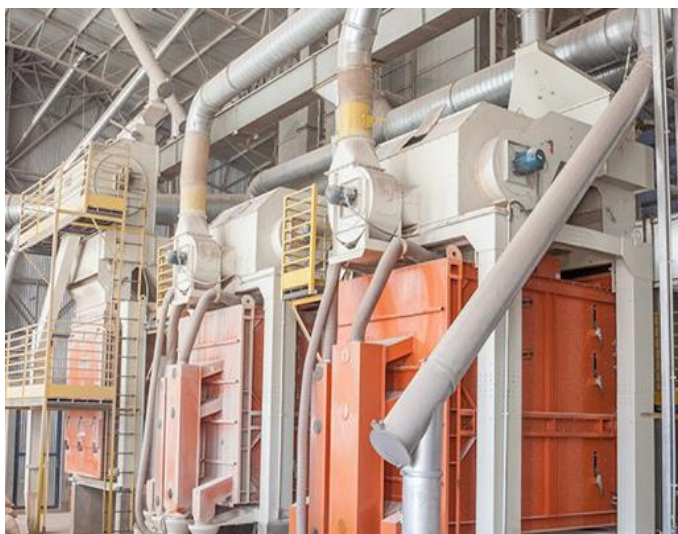


Fonte: Autoria própria (2019).

(b)

Pelo processo de colheita, os grãos na maioria das vezes possuem um percentual de impurezas maior que o desejado, sendo assim o sistema de pré-limpeza dos grãos busca remover o excesso das impurezas sólidas e grosseiras como terra, outros grãos, folhas, cascas de grãos, galhos, entre outros. Na Figura 8 pode-se observar uma máquina de pré-limpeza utilizada no processamento.

Figura 8: Máquina de pré-limpeza.



Fonte: Kepler Weber (2016).

O silo pulmão armazena a matéria prima de maneira provisória, que em seguida é direcionada para o silo de seca-aeração, que vai receber o calor através do secador. Segundo Silva et. al. (2000), a secagem dos grãos é um tratamento térmico, no qual ocorre a diminuição do teor de água da massa do grão, proporcionando uma maior qualidade para o armazenamento. O calor é gerado por uma fornalha e direcionado ao silo de seca aeração que vai retirar a umidade contida no grão. Pode-se observar a estrutura do secador na Figura 9.

Figura 9: Secador de grãos.



Fonte: Kepler Weber (2016).

Todo o transporte horizontal no processo é feito por correiras, ou esteiras, e redler, enquanto o transporte vertical é feito por elevadores. Na Figura 10 pode-se observar um modelo de esteira transportadora. Após a secagem, todo o material é direcionado para a etapa de limpeza, mais refinada, que garante ao grão a devida qualidade para que possa entrar nos processos da indústria, e conseqüentemente para que o armazenamento possa ser feito com maior eficiência.

Figura 10: Esteira transportadora.



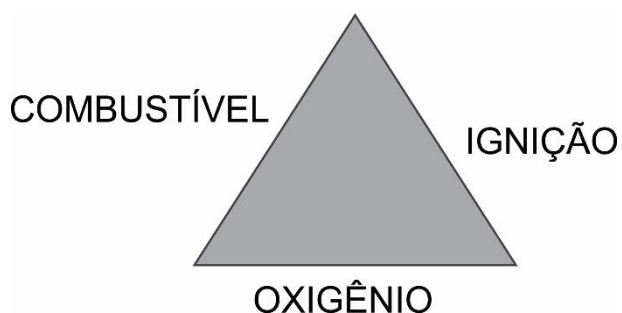
Fonte: Kepler Weber (2016).

Unidades particulares apresentam principalmente a estrutura 4 e 5 da Figura 6, devido ao menor volume, muitas vezes o silo de seca-aeração também é utilizado para armazenagem do produto para sua utilização, ou posteriormente, ser direcionado a unidades maiores capacidade, como cooperativas, ou diretamente aos portos.

2.3 Atmosferas explosivas

Uma atmosfera é explosiva quando a quantidade de gás, vapor ou pó no ar chega a proporções que uma faísca pode provocar a explosão. Para que se inicie uma combustão, três elementos são necessários: o combustível, o comburente, na maior parte dos casos o oxigênio, e a fonte de ignição. Essa combinação forma o Triângulo do Fogo (MACCOMÉVAP, 2004), ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Triângulo do fogo.

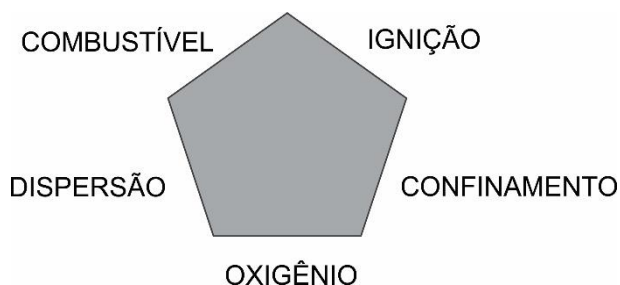


Fonte: Autoria própria (2019).

Geralmente em silos de cereais, nos quais as poeiras acumuladas no ar possuem propriedades explosivas o triângulo do fogo sofre uma variação,

adicionando-se a dispersão do combustível e a fato de estar confinado, formando-se então o Tetraedro do Fogo (MACCOMEVAP, 2004), apresentado na Figura 12.

Figura 12: Tetraedro do fogo.



Fonte: Autoria própria (2019).

A explosão é um processo no qual, em frações de segundos, ocorre um aumento de pressão, de volume e liberação de energia, normalmente gera aumento de temperatura, produz gases e ruídos. Segundo Miller e Tilman (2008), inicia-se quando um estímulo exterior provoca um aumento de energia cinética no combustível, que deve apresentar características explosivas, levando à quebra das ligações das moléculas afetadas, provocando a sua decomposição e consequente libertação de energia, propagando o efeito às moléculas adjacentes, iniciando o efeito de "Reação em Cadeia".

Quando ocorre uma explosão, ondas de choque são geradas ao redor do local, ou como também são chamadas, ondas de pressão que se propagam de forma radial.

O efeito da V_{mp} (velocidade máxima de pressão) é definido pela relação entre o aumento da pressão e o período de tempo em que acontece, permitindo assim determinar a gravidade da deflagração das partículas de poeira. A classificação de uma explosão é definida pela intensidade das ondas, que podem ser consideradas subsônicas ou supersônicas.

Sá (1997) afirma que as ondas de pressão são classificadas como subsônicas, quando ocorre uma deflagração, ou seja, a V_{mp} está entre 1 a 100 m/s, todavia se for classificada como supersônica tem-se uma detonação, onde a V_{mp} é igual ou superior a velocidade do som, podendo em alguns casos chegar a 1000 m/s.

Os efeitos causados pelo aumento da pressão e onda de choque são divididos em três tipos principais:

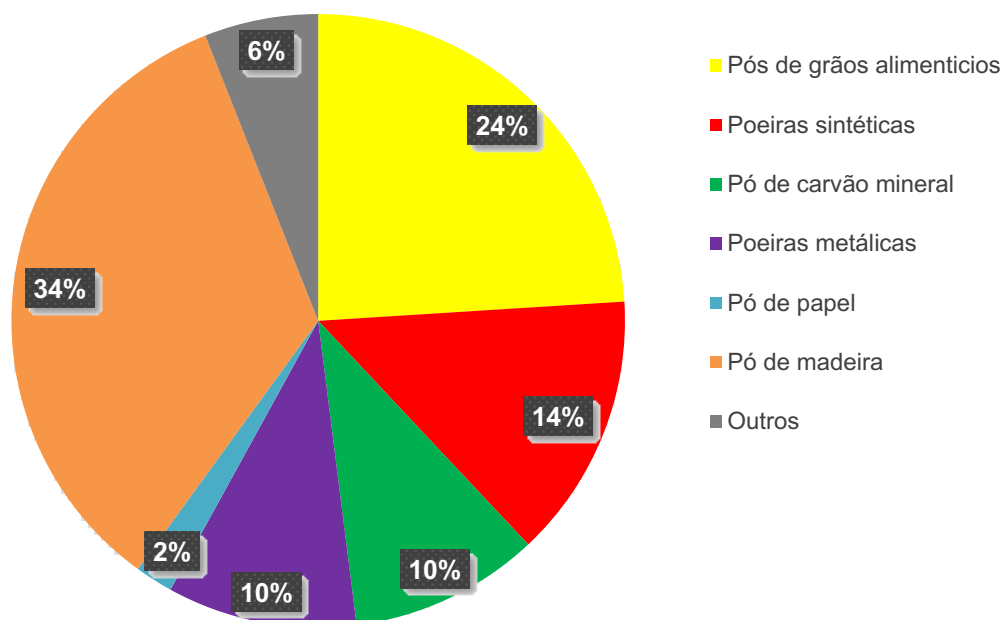
- Efeitos fisiológicos que afetam as pessoas ao nível dos órgãos, como olhos, tímpanos, pulmões, coração.

- Efeitos térmicos, devido a liberação de energia no processo, existe um aumento da temperatura no local.
- Efeitos mecânicos, que promovem o deslocamento de materiais e equipamentos, por arrastamento, que possuem grande poder de destruição.

2.4 Explosões de poeira

Uma explosão de poeira ocorre quando, qualquer material com característica combustível em pó, fica suspenso no ar, dentro de um local fechado. Todo o processo, dentro da unidade de recebimento e beneficiamento de grãos, envolve o transporte e deposição do material, e em praticamente todas as etapas existe a geração de pó originado do atrito entre os grãos dos cereais entre si, e também o atrito com o equipamento, gerando uma grande liberação de partículas originando assim a poeira. Na Figura 13 demonstra-se o índice de explosões de poeiras, relacionadas a diferentes atividades.

Figura 13: Explosões de poeiras por atividade.



Fonte: Adaptado de Sá (1997).

O setor de armazenamento industrial apresenta essa característica devido aos grandes volumes de armazenamento dos silos, o momento com a maior geração de poeira ocorre quando os mesmos estão sendo carregados, nesse processo os grãos

são despejados no interior do silo por esteiras na parte central, e conforme o carregamento vai sendo realizado todo o ambiente interno e estruturas auxiliares ao redor são tomado por poeiras, que quando aliada a outros fatores pode gerar a explosão.

Sá (1997) analisou uma série de laudos de acidentes ocasionados por explosão de poeiras, e elaborou um quadro com o resumo dos efeitos da explosão tanto em trabalhadores presentes no local do acidente, quanto nas estruturas e materiais no ambiente em que houve a explosão, apresentados nas Tabelas 1.

Tabela 1: Efeito de explosões sobre trabalhadores presentes.

Danos	Pressão (MPa)
Não causa danos	Até 0,00015
Queda e perda de audição temporária	0,007 - 0,01
Ruptura do tímpano	0,035 - 0,10
Lesões pulmonares	0,20 - 0,50
Morte	Acima de 0,50

Fonte: Adaptado de Sá (1997).

A perda temporária da audição pode ocorrer para valores baixos de pressões, contudo, a tolerância varia, entre outros fatores, de acordo com a magnitude e duração da onda de choque. O pulmão é o órgão considerado crítico, devido à liberação de bolhas ar dos alvéolos no sistema vascular (BUENO, 2018).

Os danos causados pela pressão nos trabalhadores presentes, também pode gerar avarias nas edificações podem causar ferimentos aos trabalhadores presentes no local. Os danos causados nas edificações por conta da pressão podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: Efeito de explosões sobre materiais.

Danos	Pressão (MPa)
Vidros são quebrados	0,001 - 0,0015
Pequenos danos em painéis metálicos	0,0075 - 0,0125
Falha em parede de alvenaria	0,125 - 0,02
Colapso de edifícios de madeira	> 0,0345
Danos em tanques	0,02 - 0,03
Danos em estruturas de aço	0,03 - 0,05
Danos graves em estruturas de concreto armado	0,045 - 0,06
Provável destruição total da maioria dos edifícios	0,069 - 0,083

Fonte: Adaptado de Bueno (2018).

As pressões máximas de explosão quando transmitidas para as superfícies em sua maioria atinge valores superiores à 0,34 MPa, podendo em alguns casos pontuais

chegar a 0,68 MPa. Uma parede de alvenaria comum tende a resistir a pressões da ordem de 0,007 MPa, evidenciando o ponto essencial da prevenção a explosões originadas por poeiras.

Na Figura 14 observa-se alguns danos causados por explosões de poeiras, no item (a) um silo armazenador sofreu a explosão causando danos nas estruturas ao seu redor, e no item (b) nota-se que toda a cobertura de um armazém horizontal foi destruída com a força da explosão.

Figura 14: Danos causados por explosão de poeira.



Fonte: Adaptado de Sá (1997).

Devido à dificuldade de determinar-se o grau de explosividade de poeiras diversas, foi desenvolvido nos EUA, um aparelho que consegue determinar se o risco das explosões relacionando sua facilidade de ignição e a gravidade da explosão. Esse equipamento indica as características do pó em estudo, permitindo determinar experimentalmente a sensibilidade de ignição, que se dá em função da temperatura de ignição e da energia necessária para iniciar a explosão. Com isso é possível obter-se os valores da pressão máxima de explosão e da velocidade máxima de pressão, possibilitando estimar a gravidade de uma explosão.

Para efeito de análise dos dados, todos os ensaios são comparados com os efeitos da explosão do pó do carvão, à uma concentração e $0,5\text{kg/m}^3$ de ar. O carvão é o objeto de exemplo do estudo porque seus resíduos dispersos no ar, foram os primeiros responsáveis por acidentes desse tipo. Sua exploração ocorria através das minas de carvão, presente em grande quantidade na cidade de Pittsburgh, EUA, onde ocorreram diversas explosões.

Em vista desses acidentes, foi criado um departamento para a investigação das causas dos mesmos, e a partir disso foi possível estabelecer alguns padrões de

segurança, Na Tabela 3, apresenta-se as características de poeiras inflamáveis, que foram ensaiadas pela associação nacional de proteção contra incêndios.

Tabela 3: Poeiras ensaiadas pela NFPA.

Poeiras agrícolas	Ie	Si	Ge	Pmp	Vmp	T1	T2	E	C
Carvão de Pittsburgh	1	1	1	6,3	161	610	170	0,06	57
Açúcar em pó	9,6	4	2,4	7,6	350	370	400(3)	0,03	47
Algodão bruto	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,1	28	520	-	1,9	519
Amido de milho	9,5	2,8	3,4	7,4	525	400	-	0,04	47
Amido de trigo	17,7	5,2	3,4	7	455	430	-	0,03	47
Arroz	0,3	0,5	0,5	3,3	49	510	450	0,1	88
Cacau 19% gordura	0,6	0,5	1,1	4,8	84	510	240	0,1	78
Café torrado	< 0,1	0,2	0,1	2,7	10,5	720	270	0,2	88
Casca de amendoim	4	2	2	8,2	560	460	210	0,05	47
Casca de arroz	2,7	1,6	1,7	7,6	280	450	220	0,05	57
Casca de coco	7,1	3,1	2,3	8,1	329	440	210	0,05	31
Clara de ovo	< 0,1	< 0,1	0,2	4,1	35	610	-	0,7	145
Dextrina de milho cru	12,1	3,1	3,9	8,7	385	410	390	0,04	42
Erva de cereais	< 0,1	< 0,1	0,1	4,6	28	620	230	0,8	208
Pele de cítricos	0,6	0,7	0,9	3,6	84	500	330	0,1	62
Pó cereal trigo, milho e aveia	9,2	2,8	3,3	9,2	490	430	230	0,03	57
Pó de cortiça	-10	3,6	3,3	6,7	525	460	210	0,04	36
Proteína de soja	4	1,2	3,3	6,9	455	540	-	0,06	52
Sacarose	9,6	4	2,4	7,6	350	370	400(3)	0,03	47
Farinha de ervilha	4	1,8	2,2	4,8	133	560	260	0,04	52
Farinha de soja	0,7	0,6	1,1	6,6	56	550	340	0,1	62
Farinha de trigo	4,1	1,5	2,7	6,8	196	440	440	0,06	52
Farinha semente de algodão	1,1	0,9	1,2	7,3	154	540	-	0,08	57
Goma de glúten de trigo	-	1	-	-	-	520	-	0,08	52
Grão de café	< 0,1	0,1	0,1	2,3	10,5	650	280	0,3	156
Leite desnatado	1,4	1,6	0,9	6,7	161	490	200	0,05	52
Malte de cevada	5,5	2,6	2,1	6,7	308	400	250	0,04	57
Milho	6,9	2,3	3	7,9	420	400	250	0,04	57
Palha de trigo	5	1,6	3,1	8,2	420	470	220	0,05	57
Pectina	10,3	2,2	4,7	9,2	560	410	200	0,04	78
Sêmola de espiga de milho	5,5	2,5	2,2	8,9	259	450	240	0,05	47
Talo tabaco	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,7	28	420	230	-2	-
Trigo bruto	2,6	1	2,6	5	154	500	220	0,06	67

Fonte: Adaptado de Sá (1997).

Os índices apresentados na tabela 3 correspondem à:

- Ie: Índice de explosividade (Adimensional);
- Si: Sensibilidade de explosão (Adimensional);
- Ge: Grau de explosividade (Adimensional);
- Pmp: Pressão máxima da explosão (Kg/cm²);
- Vmp: Velocidade máxima da explosão (m/s);
- T1: Temperatura mínima de ignição (°C);
- T2: Temperatura máxima de ignição (°C);
- E: Energia de ignição (Joules);
- C: Concentração mínima de pó (g/m³).

Com os dados obtidos pelos experimentos é possível analisar requisitos mínimos necessários para processamento e armazenamento dos produtos agrícolas que são gerados em grande escala. No Brasil, uma das maiores produções é de milho, que na safra de 2018/2019 chegou a marca de 96 milhões de toneladas, apresenta um índice de explosividade alto, e grande sensibilidade de explosão.

2.5 Fatores que influenciam explosões de poeiras

Para ocorrer uma explosão originada por sólidos dispersos no ar existem fatores que, quando atuam de maneira simultânea, geram a possibilidade do acidente, os principais pontos a serem verificados como recomendação da norma NFPA 68:2007 são: a dimensão da partícula de poeira, a sua concentração em g/m³ de ar, a umidade, a concentração de oxigênio, a potência da fonte e ignição, e as impurezas presentes.

Em um primeiro momento, as explosões de poeiras se iniciam com uma deflagração pequena, que pode ocasionar danos em peças das máquinas em funcionamento, como por exemplo o sistema de exaustão, e também provocam a agitação nas partículas que estão depositadas no ambiente ao longo do período de utilização, assim criando uma nuvem de poeira cada vez maior, propiciando a propagação de explosões secundárias e terciárias, que conseqüentemente causam mais danos que a explosão inicial.

A explosão iniciada em algum ponto, pode se propagar para as outras estruturas que estão ao seu redor. A propagação se dá através da rede de transporte

dos grãos, que comunica as estruturas, e com isso pode servir como um canal que proporciona a ampliação da explosão, e gera mais danos as estruturas.

2.5.1 Dimensão da partícula

Partículas para serem consideradas explosivas, devem ter a capacidade de se manterem suspensas no ar, e possuir dimensão menor que 0,1 mm. Segundo Sá (1997), para poeiras metálicas, de madeiras ou derivadas de grãos alimentícios, o tamanho na ordem de 70 micrômetro é considerado o ideal para explosão.

A dimensão da partícula está diretamente relacionada a facilidade de ignição da mesma e velocidade de aumento da pressão, por conta de sua baixa densidade. Ensaio de laboratório demonstram que para uma mesma quantidade de partículas, em peso, originadas do mesmo material, quando varia-se a dimensão da partícula tende-se a obter nas partículas maiores, uma velocidade de aumento da pressão menor e também com maior dificuldade para a ignição, quando comparada às partículas de menores dimensões, que apresentam justamente o oposto nos resultados, exigindo concentração mínima necessária para que haja explosão, a temperatura de ignição e a energia necessária para a ignição menores.

2.5.2 Concentração de poeiras

As poeiras seguem o mesmo princípio de gases inflamáveis quando se aborda o quesito concentração. Existe um intervalo específico de concentração de pó, no qual pode acontecer a explosão, o intervalo é delimitado pelo limite inferior de explosividade (LIE) e pelo limite superior de explosividade (LSE).

Em concentrações abaixo do LIE faltará o oxidante, no caso a partícula combustível, e quando acima do LSE a explosão não ocorrerá devido a insuficiência de espaço entre as partículas, podendo iniciar apenas um incêndio, contudo deve-se ter uma abordagem precisa no controle do incêndio, pois podem se formar nuvens de pó durante o combate e com isso o incêndio pode evoluir para explosão.

A maneira de verificar os limites de concentração é relacionando o peso por volume de ar, ou seja, g/m^3 , contudo a dimensão da partícula influencia os limites, por esse motivo para se determinar o LIE utiliza-se partículas que passam por uma peneira com malha 200, separando partículas de diâmetro igual ou inferiores a 74 micron, que é o tamanho considerado ideal para a explosão. Segundo Sá (1997) outros fatores como a quantidade de impurezas presentes, a concentração de

oxigênio, a potência da fonte de ignição, a turbulência da nuvem e a uniformidade da dispersão influenciam no LIE.

Sá (1997) afirma que o limite superior de explosividade é um conceito que no ponto de vista prático gera questionamentos, porque não possui grande aplicação e é de difícil determinação experimental, pois apresenta grandes dificuldades como o de proporcionar uma nuvem de poeira uniforme e com concentração o suficiente para determiná-lo.

O grau de destruição de muitas explosões não é maior porque o pó não se encontra dispersado uniformemente por todo o volume disponível. Dessa forma são raras as vezes que uma nuvem de pó está em condições ideais para a formação de pressões observadas empiricamente, ou em ensaios controlados onde os volumes disponíveis variam de 1m^3 à 15m^3 em estudos já realizados.

A NPFA 68 recomenda que a concentração de poeiras em ambientes explosivos seja inferior a 4g/m^3 de ar, enquanto a recomendação da NPT 027 do Corpo de Bombeiros do estado do Paraná no Brasil recomenda que não deve ser superior a que 20g/m^3 .

2.5.3 Umidade das partículas

A umidade presente nas partículas faz com que a temperatura de ignição aumente, porque além da energia mínima para deflagração é necessária energia suficiente para evaporar da água. Por exemplo a temperatura de ignição da nuvem de poeira, originada do amido de milho pode aumentar até $50\text{ }^\circ\text{C}$, variando de acordo com a umidade presente, que normalmente está na faixa de 1,6% a 12,5%.

Contudo o objetivo das unidades de beneficiamento e armazenamento é manter a integridade do grão, e por isso existe um controle criterioso da umidade, que inclusive passa por uma etapa de secagem antes do armazenamento final, um agravante nesse ponto é que quando a umidade dos grãos está acima de 20%, pode-se iniciar o processo de decomposição do mesmo, gerando acúmulo de gases inflamáveis, como metanol, propanol e butanol, oriundos da fermentação.

2.5.4 Concentração de oxigênio

A facilidade de ignição de uma nuvem de pó está relacionada diretamente com a quantidade de oxigênio presente. A combustão do pó se produz na superfície das

partículas, dessa forma, a velocidade de reação depende do contato do pó com oxigênio.

Pode-se utilizar a estratégia de diluir a quantidade de oxigênio presente, adicionando outro gás ao local, em consequência da diminuição da pressão parcial de O₂, a energia necessária para explosão e temperatura de ignição aumentam, e a pressão máxima da explosão tende a ser menor, e a diminuição se dá pelo coeficiente de mola do gás que deve possuir características inertes.

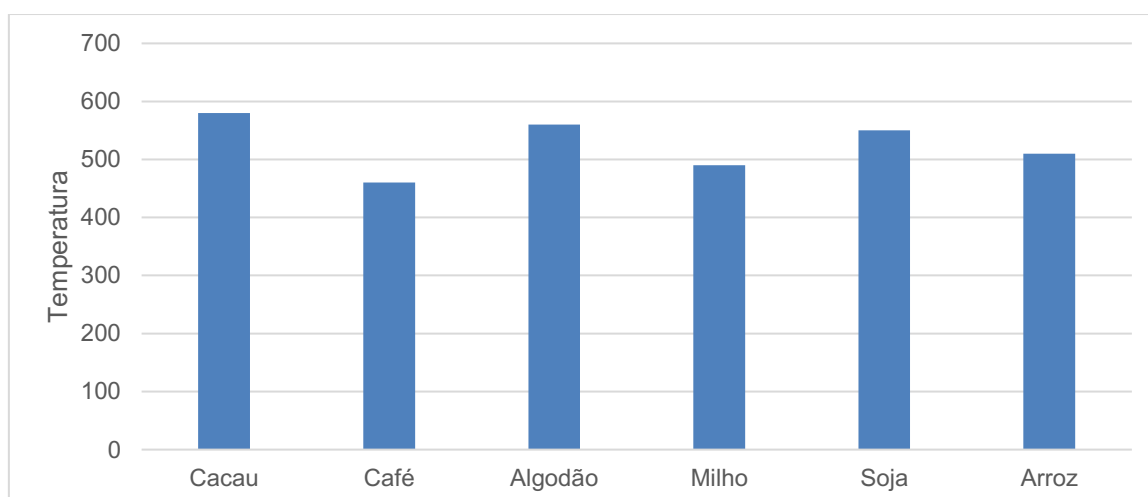
2.5.5 Fonte de ignição

A fonte de ignição é determinada por dois parâmetros, a temperatura de ignição e a energia necessária para iniciar a deflagração. Conforme Sá (1997) afirma, as nuvens de poeiras podem entrar em combustão por ação de chama, faíscas, arcs elétricos, superfícies quentes e eletricidade estática.

A temperatura necessária se encontra na faixa entre 300 e 600 °C, e a energia necessária está no intervalo de 10 a 40 mJ, variando conforme a origem do pó.

Quando comparada com a energia necessária para iniciar a combustão em gases, verifica-se que as poeiras necessitam de 20 a 50 vezes mais, na Figura 15 apresenta-se as temperaturas de ignição de nuvens de poeiras.

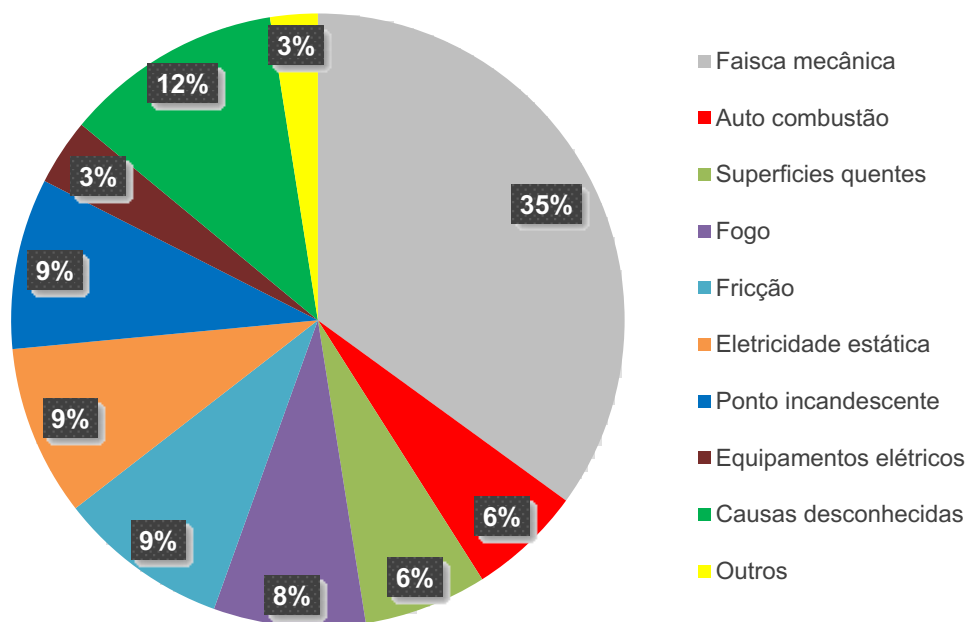
Figura 15: Temperatura de ignição de nuvens de poeira.



Fonte: Adaptado de Revista Proteção (2007).

A NFPA 68:2007 recomenda que a eliminação de todas as fontes de ignição comuns é um princípio básico na prevenção de acidentes por explosão, na Figura 16 expõe-se as principais causas que iniciam a explosão de poeiras.

Figura 16: Principais causa de ignição em explosões de poeiras.



Fonte: Adaptado de Sá (1997).

Verifica-se que o principal fator responsável pelos acidentes, são as faíscas mecânicas, com 35% normalmente provocadas nas paradas de manutenção onde o uso de ferramentas de corte, solda, são comuns.

A eletricidade estática e equipamentos elétricos juntos se tornam a segunda maior causa de ignição. A eletricidade estática deve ser eliminada dos equipamentos, e os equipamentos devem ser instalados de acordo com a ABNT NBR IEC 60079-14:2016, seguindo em paralelo as recomendações da NPT 027 e ABNT NBR 5419:2015 proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

Para análise de processos que possam prevenir acidentes nessa área também são estudadas a NR 33, que aborda segurança e saúde nos trabalhadores em espaços confinados, os silos, e a NR 19: que faz recomendações de maneira mais geral a todos os tipos de explosivos do território nacional, e com isso pode-se adotar protocolos que garantam a segurança em situações de risco.

2.6 Métodos e equipamentos para prevenção e combate a explosões de poeiras

No ano de 2001 o Ministério do Trabalho e Emprego sancionou uma portaria, SIT/DSST nº 17 de 15/05/2001, que tem por objetivo estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades da agricultura, pecuária, silvicultura e exploração florestal com a segurança e saúde e meio ambiente do trabalho, (Ministério do Trabalho e Emprego, 2001).

A portaria, no item 1.15, aborda especificamente silos e armazéns, estabelecendo indicações básicas para se evitar acidentes também provenientes da explosão por pó de produtos agrícolas. Nesse item algumas solicitações devem ser atendidas, como: os silos devem ser adequadamente dimensionados e construídos em solo com resistência compatível às cargas de trabalho; 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, (Ministério do Trabalho e Emprego, 2001).

A regulamentação também aborda procedimentos para funcionamento cotidiano dos silos, como: o modo de operação dos silos deve levar em consideração os riscos à saúde e segurança dos trabalhadores e ao meio ambiente; é obrigatória a utilização segura de todas as máquinas e equipamentos envolvidos no processo de operação dos silos; 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, (Ministério do Trabalho e Emprego, 2001).

Mais diretamente aplicado ao tópico de explosões de poeiras, os riscos de combustão espontânea e explosão devem ser monitorados permanentemente, através do controle dos seguintes parâmetros:

- Quantidade e tipo do pó em suspensão;
- Tamanho das partículas;
- Umidade e temperatura ambientes;
- Grau de umidade do produto armazenado;
- Concentração de oxigênio;
- Variação da temperatura em função da fermentação do material ensilado;
- Formação de gases e vapores inflamáveis.

A maior parte dos tópicos foi abordada no item 2.4, fatores que influenciam explosões de poeiras, a seguir serão descritos os principais métodos e procedimentos para a prevenção e combate a explosão de silos agrícolas, seguindo as recomendações da portaria sancionada pelo ministério do trabalho.

2.6.1 Treinamento

A conscientização de todos os funcionários, aplicando métodos de prevenção de incêndio diariamente, são meios importantes para reduzir o risco de uma explosão de pó. O anexo C da NPT 027 aborda o treinamento pessoal que os funcionários das empresas devem receber para que possam exercer suas funções da maneira mais segura possível.

A recomendação do Corpo de Bombeiros é que o treinamento deve ser realizado com todos os funcionários envolvidos nos processos de operação, manutenção, supervisão e segurança de instalações de unidades de armazenamento e/ou beneficiamento de produtos agrícolas. Assegurando que todos os funcionários tenham conhecimento sobre os seguintes assuntos listados na norma de procedimento técnico:

- Perigos em local de trabalho;
- Orientação geral, inclusive regulamentos de segurança de processo e de trabalho;
- Descrição do processo;
- Operação de equipamentos, partida e parada de modos seguros e ações de resposta em casos de operações anormais e/ou flutuações no processo de operação da planta;
- A necessidade de operação apropriada dos sistemas de proteção e combate a incêndio e de proteção contra explosão;
- Requisitos e práticas de manutenção em equipamentos, inclusive espaços confinados;
- Requisitos de limpeza;
- Planos de ação de emergência;
- Utilização adequada de EPI;
- Combate a incêndios em secadores.

Por instrução da NPT 027, o treinamento deve ser realizado por um profissional habilitado da área de segurança, podendo ser um integrante do quadro de funcionários da própria unidade. Todos os funcionários, inclusive terceirizados devem ser receber treinamentos, que devem ser devidamente documentados, e realizados regularmente no período máximo de um ano, ou se houver alteração ou atualização do processo na unidade.

O item 6 da NPT 027, estabelece procedimentos para as medidas de segurança na unidade. Esse item determina a formação de uma equipe que receberá um treinamento especial para agir em situações de prevenção e combate a incêndios, formando assim uma brigada de incêndio. Também exige que a unidade possua um plano de emergência que inclua ações em casos de soterramento e resgate de pessoas em espaços confinados e de armazenagem, de acordo com a NPT 016 – Plano de emergência contra incêndio, e NR 33 – Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados.

2.6.2 Monitoramento

As unidades de recebimento e beneficiamento de grãos devem contar com sistemas que monitoram as atividades no processo, e forneçam dados para controle dos parâmetros que podem possibilitar a geração de uma explosão.

Os silos, tanto verticais quanto horizontais, normalmente apresentam sistemas de termometria em seu interior, promovendo o controle de qualidade do produto armazenado, e também o controle da temperatura para que não se inicie uma autocombustão, além do controle de temperatura, dentro dos silos atuam sensores de nível e detectores de incêndio.

O item 6.4.5 da NPT 027, determina que os transportadores verticais e horizontais deverão ser dotados de sensores de temperatura nos mancais das polias, atuando em paralelo com sensores automáticos de movimento, que desligam automaticamente os motores ao ser detectado o escorregamento da correia ou corrente.

Secadores devem possuir sensores de temperatura regulados para manter a massa de grãos a uma temperatura segura, controlando o fornecimento de calor ao secador, e permitindo a continuação do movimento de ar não aquecido através do secador, NPT 027.

Em estruturas onde a concentração de partículas no ar é mais acentuada, devem ser instaladas, por recomendação da NPT 027, sistemas de detecção e extinção de faíscas, atuando juntamente com sistemas de supressão de explosões, sensores que monitoram a concentração de poeiras no ar também são instaladas em todos os pontos críticos.

Atuando em conjunto com o sistema de monitoramento deve existir um sistema de alarme, NPT 019 – Sistema de detecção e alarme de incêndio. E deverá haver detector de gás portátil para os trabalhos a serem realizados no interior das áreas de armazenamento e túneis de manutenção, conforme exigência da NR 33.

2.6.3 Movimentação dos grãos

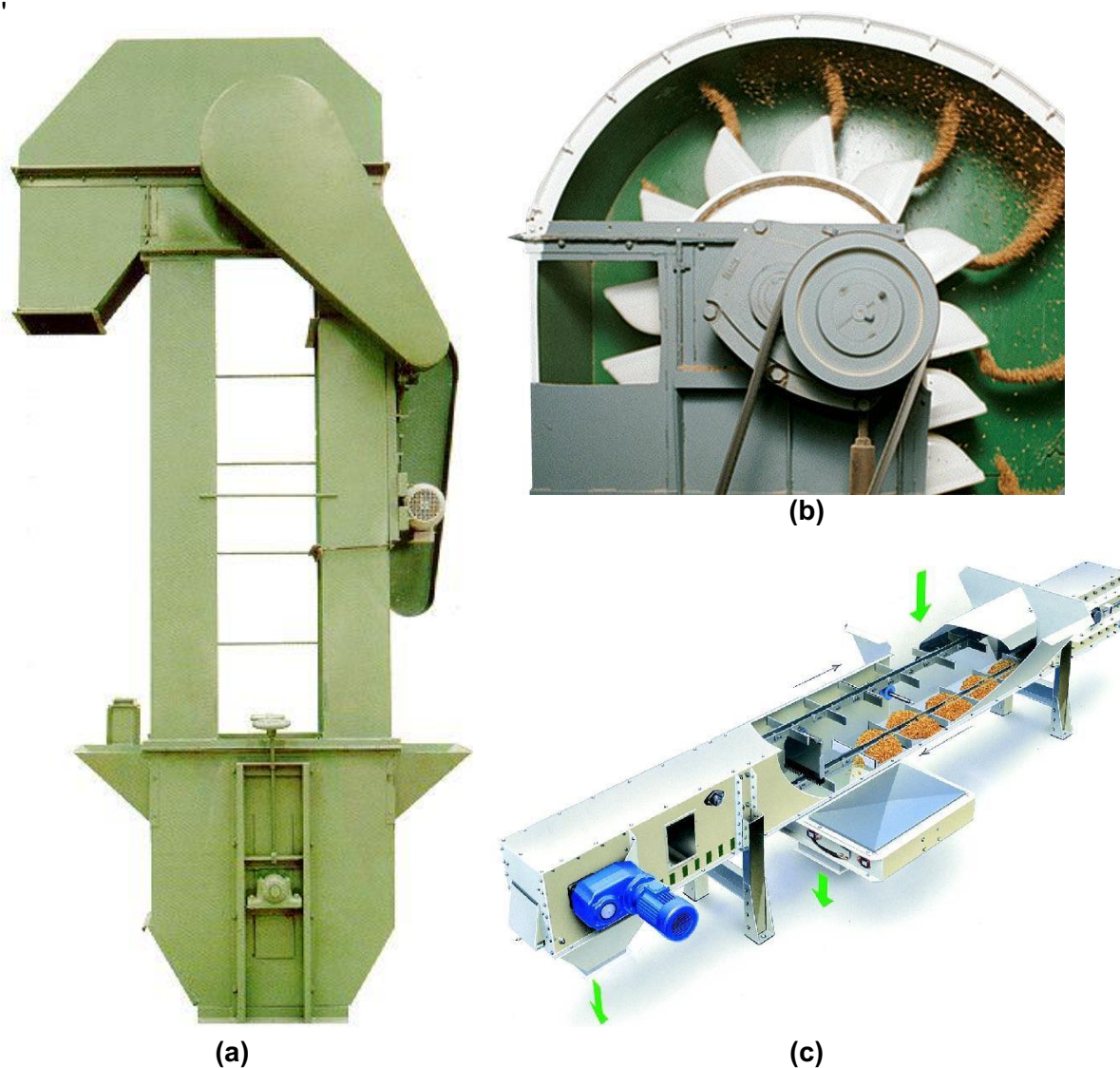
Todos os equipamentos de transporte dos cereais geram grande dispersão de poeiras nos ambientes, criando condições que aumentam as chances de uma explosão ocorrer. Os elevadores e sistemas de alimentação dos silos devem ser projetados e operados de forma a evitar o acúmulo de poeiras, em especial nos pontos onde seja possível a geração de centelhas. (Ministério do Trabalho e Emprego, 2001).

Segundo a NPT 027, as ligações dos equipamentos de transporte e dos exaustores devem ser dependentes entre si, de tal forma que não seja possível a movimentação dos produtos sem o acionamento dos exaustores.

Nos sistemas de movimentação, elevadores de grãos, redler, ou esteiras, o atrito entre as partes metálicas pode gerar faíscas, portanto recomenda-se o uso de canecas plásticas, normalmente de poliuretano ou nylon, para elevadores; atuando como agente antiestática.

Equipamentos mais modernos são fabricados com esse princípio, contudo em equipamentos que não atuam com essa técnica, recomenda-se também substituir as pás de transportadores por componentes plásticos. Na Figura 17 pode-se observar os sistemas de movimentação de grãos, o item (a) apresenta um elevador de canecas, e o item (b) mostra um detalhe das canecas, enquanto o item (c) demonstra o funcionamento do sistema de correntes de arraste conhecido como redler.

Figura 17: Sistemas de movimentação de grãos.



Fonte: Kepler Weber (2016).

Para minimizar os danos podem ser utilizados sistema de alívio de pressão caso ocorra alguma explosão. A NPT 027, propõem que a cobertura do silo seja construída de maneira subdimensionada, para que no caso de uma explosão seja a parte mais frágil do sistema, sendo assim a cobertura é removida e atua liberando a pressão, possibilitando diminuir os danos em outras partes da estrutura.

De forma similar todas as estruturas podem ser construídas com um ou mais pontos que podem atuar da mesma forma. As torres dos elevadores, tem em seu topo uma abertura coberta apenas por um chapéu chinês, que é expelido em caso de uma explosão.

Em outras estruturas podem ser instalados discos ou painéis de ruptura, ou janelas de explosão, que possui diferentes formatos e tamanhos, e podem ser feitos

de vários materiais. Na Figura 18 pode-se observar dois modelos de painéis para alívio de pressão, o item (a) mostra um painel na forma circular, e o item (b) o painel retangular, podendo ser escolhido da melhor maneira a se adequar onde for instalado.

Figura 18: Painéis para alívio de pressão.



Fonte: BS&B (2017).

O sistema pode ser composto por discos de ruptura que fornecem uma área suficiente de alívio para uma pressão específica. A janela rompe a uma pressão predeterminada, e por ser instalado em locais estratégicos do silo, diminui a dispersão de poeiras no ambiente, consequentemente diminuindo a possibilidade de explosões secundárias, e proporcionando controle de danos nas estruturas. (FIKE METAL PRODUCTS, 1997; REMBE, 2004).

2.6.4 Sistema de exaustão

Devido a granulometria das partículas, essas entram em suspensão facilmente, percorrendo todas as etapas no processo produtivo, e por fim acabam por depositar-se em superfícies diversas, onde com pequenas agitações podem entrar em suspensão, que em contato com a fonte de ignição, entram em combustão, e podem rapidamente causar explosões.

Conforme a NPT 027, todos os locais confinados devem ser providos de exaustores ou ventiladores, em conformidade com a ABNT NBR IEC 60079-14:2016, com acionamento manual ou automático, devidamente dimensionados para contribuir na retirada de poeira e gases e garantir a renovação do ar.

A ventilação em processos de controle de poeiras explosivas atua buscando remover as partículas de pó que estão dispersas no ambiente, sendo assim, removendo o combustível do processo descrito na Figura 12. Portanto, os silos devem possuir sistema de ventilação capaz de evitar acúmulo de gases e poeiras. (Ministério do Trabalho e Emprego, 2001).

O sistema de ventilação bem equacionado captura as partículas, e as conduz para fora do processo, levando-as através dos equipamentos de exaustão ou insuflação de ar, para filtros e separadores, que retiram as partículas de poeira presente no ar.

A recomendação do Corpo de Bombeiros, através da NPT 027, é que o sistema de ventilação deve proporcionar no mínimo uma taxa de 30 renovações de ar por hora, garantindo assim que a concentração de poeiras nos ambientes fique dentro dos limites seguros, ou seja concentrações menores que o limite inferior de explosividade. Os dutos coletores de pó do sistema de filtro, dispostos ao longo dos túneis deverão ser providos de sistema de detecção e extinção de faísca (supressão de explosões) para minimizar o risco de um incêndio ou ignição de uma explosão.

Os equipamentos mostrados nas Figuras 19 e 20 são responsáveis pela movimentação de ar forçado nos silos agrícolas, também são conhecidos como insufladores e exaustores de ar.

Figura 19: Insuflador de ar.



Fonte: NPT 27 (2018).

Figura 20: Exaustor de ar.



Fonte: NPT 27 (2018).

O sistema de ventilação pode ser aplicado de duas maneiras principais, ventilação geral diluidora ou ventilação local exaustora, que atua de diferentes maneiras no processo.

2.6.4.1 Ventilação geral diluidora

A ventilação geral diluidora é o método de insuflar ou exaurir ar em um ambiente ocupacional, a fim de promover uma redução na concentração de poluentes nocivos, Sá (1997). A diminuição da concentração ocorre ao introduzir ar limpo, em um ambiente contendo um poluente, nesse caso a massa de poeiras, fazendo com que a mesma seja diluída em um volume maior de ar.

Nesse método de ventilação não impede a propagação das partículas para outros ambientes, simplesmente os dilui a valores menores. É considerado um sistema a baixa velocidade, em muitas vezes em função das grandes áreas para a passagem do ar, acabam por não retirar toda a poeira do ambiente, deixando-as sedimentada em diversos locais.

2.6.4.2 Ventilação local exaustora.

O sistema de ventilação local exaustora é aplicado em alguns pontos específicos do processo, aqueles em que a concentração de poeiras é mais intensa, com por exemplo, na descarga de caminhões em moegas, com o uso de tombadores. A geração de pó nessa situação é intensa, sendo assim necessário o sistema de ventilação captar as partículas de poeiras antes que se dispersem no ambiente. Na Figura 21, pode-se observar a descarga de um caminhão.

Figura 21: Descarga de caminhão na moega com o uso de tombador.



Fonte: Sá (2007).

A geração de nuvens de poeiras na descarga é muito grande, entretanto pode-se notar que o ambiente está livre de poeiras. Isso se dá pelo sistema de ventilação que está aplicado no ambiente, que captura as partículas de poeira e as direciona para o túnel de transporte de material, não permitindo que o pó fique disperso e acabe se depositando em outros locais, reduzindo o risco de explosões.

2.6.5 Instalações elétricas

A eletricidade é responsável 15% das causas de fonte de ignição segundo o gráfico na Figura 16, sendo divididos em duas partes, 6% para falha em equipamentos elétricos, e 9% por eletricidade estática gerada no processo. É obrigatória a utilização de equipamentos protegidos em atmosfera explosiva, que são determinados principalmente pela ABNT NBR 5419:2016 – Instalações elétricas em atmosferas explosivas.

A NPT 027 recomenda que todos os sistemas de iluminação das áreas onde há formação de poeira, inclusive as luminárias de emergência, seguindo a NPT 018 – Iluminação de emergência, devem ser à prova de pó e explosão, blindagem é o procedimento mais usual e comprovadamente seguro. Também exige que as instalações de equipamentos elétricos atendam à ABNT NBR 5410:2008 e ABNT NBR IEC 60079 - 14:2016. Uma recomendação do Ministério da saúde e do trabalho, através da portaria SIT/DSST nº 17, é que todas as instalações elétricas e de iluminação no interior dos silos devem ser antideflagrantes. Pode-se observar na Figura 22 dois modelos de luminárias blindadas, o Item (a) no modelo convencional, e no item (b) a luminária de led, mais moderna.

Figura 22: Luminárias blindadas.



Fonte: Perfect Connection (2019).

O sistema de blindagem é aplicado em todos os componentes que podem proporcionar risco de acidentes em atmosferas explosivas, normalmente são fabricados em alumínio fundido e de vidro boro silicato. A ABNT NBR IEC 60079-14:2016 recomenda que os condutores de energia também sejam do tipo blindado. Os equipamentos devem ser mantidos numa condição adequada para manutenção e inspeção regulares. Em tomadas e plugues instalados em atmosferas explosivas, a inserção e a extração do plugue só deverá ser feita com a tomada desenergizada (REMBE, 2004). Na Figura 23 pode-se observar o modelo de tomada a ser utilizado em atmosferas explosivas, no item (a) o modelo de tomada, e no item (b) o modelo de conector, blindados.

Figura 23: Tomada e conector blindados.



(a)



(b)

Fonte: Perfect Connection (2019).

A eletricidade estática deve ser eliminada dos equipamentos por meio de máquinas e equipamentos que acumulam a carga elétrica, direcionando a energia por meio de aterramento de acordo com a ABNT NBR IEC 60079-14:2016. E por recomendação da NPT 027 as correias de transporte e todos os equipamentos, que estiverem em atrito com o material deve ser preferencialmente do tipo anti estática. A carga eletrostática de partículas de pó pode ser reduzida por ionização localizada de sondas condutoras, aterradas, desde que por recomendação de um perito na área. (EBADAT, 2003).

A ABNT NBR IEC 60079-14:2016 atua juntamente com a ABNT NBR 5419:2015 proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. O Corpo de Bombeiros de cada região é responsável pela verificação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), e recomenda que seja previsto um sistema de proteção para todas as edificações e estruturas metálicas de manuseio e armazenagem dos produtos agrícolas.

Para o fornecimento de energia, devido ao risco de incêndio em transformadores de potência, as subestações devem estar situadas fora das áreas classificadas como atmosferas explosivas. (REMBE, 2004).

2.6.6 Manutenção

Fazer manutenções periódicas dos equipamentos é extremamente necessário em uma atividade industrial, e também é uma recomendação do Ministério do Trabalho e Emprego, a partir da portaria sancionada em 2001. Os funcionários que realizam o trabalho de manutenção e reparação devem trabalhar sob a orientação de um especialista em proteção contra explosão. O processo de manutenção preventivo deve ser aplicado para que ocorra da maneira mais eficaz, e posterior se necessário atuar com a manutenção corretiva.

A manutenção preventiva atua com o intuito de prever possíveis falhas que podem causar danos, dessa forma, busca-se previamente corrigir e prevenir a fim de que os equipamentos não se danifiquem e que os acidentes não ocorram. Para a aplicação desse tipo de manutenção é necessário que ocorra uma série de inspeções, que de forma constante, permitem elaborar um cronograma de manutenção.

As atividades em uma manutenção preventiva são normalmente para manter o funcionamento ideal da unidade, para isso são feitas substituições de peças, seguindo orientações dos fabricantes, é feita lubrificação das partes que atuam em contato, evitando o desgaste natural, e também diminuindo a possibilidade de geração de faíscas.

A manutenção corretiva busca corrigir problemas que surgem ao decorrer do funcionamento da unidade, apesar de necessária, esse tipo de manutenção gera mais custos, e pode causar mais danos, por causar paradas não previstas e podendo assim afetar a integridade dos grãos que estão no processo. Por exemplo se a esteira que transporta o material do secador para o silo sofre uma parada, o material que está no silo pode ser prejudicado, devido ao contratempo que possa surgir.

Ao verificar o gráfico apresentado na Figura 15, nota-se que o principal fator responsável pelos acidentes, são as faíscas mecânicas, com 35%. Essas faíscas são provocadas, geralmente, nas ocorrências de manutenção onde o uso de ferramentas de corte, solda, são comuns, com isso é importante sempre equipes treinadas e familiarizadas com os procedimentos que podem ser executados para diminuir o risco de acidentes.

É absolutamente indispensável ter certeza de que não existem gases combustíveis ou pó em suspensão no local, também é mais favorável a segurança que o processo de manutenção ocorra em períodos que os equipamentos não estejam em funcionamento, e os sistemas de armazenamento estejam vazios. Uma medida

que pode ser adotada é que uma pessoa esteja acompanhando a manutenção com um extintor, assim para qualquer foco que possa se tornar um incêndio ou gerar uma explosão é combatido imediatamente.

2.6.7 Limpeza

Em uma planta onde se processa com poeiras explosivas de qualquer origem, estas devem ser retiradas do ambiente à medida que são geradas. O Corpo de Bombeiros do estado do Paraná através do anexo A e B da NPT 027 determina os procedimentos de limpeza, e sugere a utilização de um plano de limpeza para melhor controle dos ambientes sujeitos às poeiras.

O primeiro item do anexo A, determina a frequência com que as limpezas devem ser executadas. Devendo garantir que os níveis de pó acumulados em paredes, pisos e superfícies horizontais, como equipamentos, dutos, tubulações, exaustores, lajes, vigas, inclusive dentro no interior de compartimentos elétricos fechado, não excedam o limite de 0,8mm de espessura. Na Figura 24 apresenta-se um exemplo de um motor elétrico sem limpeza.

Figura 24: Acumulo de pó em motor elétrico.



Fonte: Rangel (2008).

O segundo item, A.2, aborda quais os métodos de limpeza devem ser utilizados. Com o objetivo de minimizar os riscos de explosões a primeira alternativa para limpeza é através do sistema de aspiração. Em locais onde não for possível realizar a aspiração, pode-se aplicar o método de varrição com água borrifada.

O terceiro item do anexo, A.3, recomenda procedimentos de limpeza. Onde o processo de limpeza deve: ser documentado; conter procedimentos de segurança pessoal (NR 33, NR 35, entre outros); conter a relação de equipamentos de proteção

individual; a frequência e sequência da limpeza; possuir descrição dos métodos de limpeza e a relação dos equipamentos utilizados para a realização da limpeza (plataformas elevatórias, escadas, nebulizadores, entre outros).

O anexo B da NPT 027 sugere um modelo de plano de limpeza para documentação, apresentado na Figura 25.

Figura 25: Modelo de plano de limpeza anexo B.

PLANO DE LIMPEZA

Turno da manhã														
Setor	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta		Sábado		Domingo	
	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome

Turno da Tarde														
Setor	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta		Sábado		Domingo	
	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome

Turno da Noite														
Setor	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta		Sábado		Domingo	
	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome	Horário	Nome

Nos dias cinza, não há limpeza para o respectivo Setor!

Responsável: José da Silva	Data de lançamento: 01/01/2017
----------------------------	--------------------------------

Fonte: NPT 027 (2018).

Sistemas de ar comprimido para a limpeza não são permitidos pelo Corpo de Bombeiros, pois podem gerar nuvens de poeiras, que aumentam o risco de explosões.

O item 1.15.3 da portaria SIT/DSST nº 17 de 15/05/2001, recomenda que o revestimento interno dos silos deve ser liso, para impedir o acúmulo de grãos e poeiras e a formação de barreiras, e possuir proteção anticorrosiva. Com o intuito de auxiliar no processo de limpeza das estruturas e equipamentos, permitindo uma prática mais rápida na limpeza diária.

2.6.8 Material inerte

Podem ser empregues atmosferas inertes para controle e extinção de incêndios que podem se desenvolver na poeira; pode ser usado onde o método de ventilação é ineficiente. São aplicados gases ou poeiras inertes, os quais são inseridos nos ambientes com o intuito de reduzir a concentração de oxigênio, de maneira que não haja propagação de chama através da nuvem de pó.

Os materiais inertes são aplicados por extintores de grande velocidade de descarga contém agente supressor sob pressão de Nitrogênio. A abertura do extintor se dá pela detecção do princípio da explosão, adequado para pressões médias ou lentas. Podendo conter o processo de explosão antes que se propague. Contudo, esse tipo de sistema precisa de controle rígido para a manutenção da composição do gás e dos sensores e custo mais elevado do que para implantação do sistema de ventilação. Ao se pensar em adotar tal processo a instalações que trabalham com produtos alimentícios para consumo humano ou animal, deve-se levar em conta que obrigatoriamente o gás inerte deve ser atóxico e não pode ser cancerígeno. (SÁ, 1997; WEBER, 2005).

Para a prevenção de explosões também pode ser aplicado óleo mineral branco aos cereais. O óleo quando misturado aos grãos, altera as propriedades do pó, e diminui a dispersão, possibilitando que as partículas de poeira fiquem aglomeradas entre si e os grãos. O método consiste na instalação de aspersores de óleo mineral em pontos do sistema de movimentação onde existe alta concentração de pó. Deve ser aplicado em uma quantidade superior 0,05 kg/m³. A utilização do óleo mineral branco reduz o pó respirável em até 95% e o pó total em até 75%, quando obedecidos todos os parâmetros técnicos de aplicação (WEBER, 2005).

A adição de óleo mineral pode tornar o processo muitas vezes inviável economicamente, fazendo os técnicos e proprietários buscarem soluções alternativas mais baratas. Também deve-se atentar quanto a manufatura dos grãos agrícolas, que pode ser alterada pelo processo.

3 MÉTODO

A metodologia utilizada nesse trabalho, buscou verificar, a partir de visitas técnicas em diferentes tipos de unidades, quais os métodos utilizados para prevenção de acidentes por explosões em silos, quais regulamentações são aplicadas e desafios do cotidiano que a regulamentação não aborda.

Durante o desenvolvimento da fundamentação teórica foi observado alguns pontos principais que devem ser abordados a fim atender as normas e prevenir as explosões. A visitas técnicas proporcionaram observar os equipamentos utilizados nas unidades de beneficiamento e armazenamento de grãos, e quais os processos são utilizados e, também possibilitou verificar se a mão de obra aplicada em toda a planta é capacitada e tem ciência dos riscos no ambiente.

Para a proposta de pesquisa as principais estruturas que foram analisadas foram os silos pulmão, de seca-aeração, e de armazenamento, apresentados na Figura 6, que atendem diferentes etapas do processo, mas apresentam características semelhantes quando analisados em relação a explosão de poeiras.

A análise da estrutura foi feita a partir dos requisitos que foram listados no capítulo 2.5, métodos e equipamentos para prevenção e combate a explosões de poeiras, que expõem as principais normas e procedimentos para prevenção a explosões vigentes no Brasil. Com o auxílio das normas, elaborou-se um questionário que direcionou a visita aos principais pontos de interesse.

Verificação das unidades de armazenamento de grãos			
Unidade:			
Cidade:		Data:	
1- As instalações passam por algum controle de monitoramento ou fiscalização de agência de controle?			
2- Quais os principais riscos nos processos de beneficiamento ou armazenamento?			
3- Os colaboradores recebem treinamento para prevenção e combate a explosão?			
4- Quais as medidas preventivas aplicadas diariamente?			
5- As estruturas de armazenamento apresentam sistema de monitoramento? Quais?			
6- Existe controle dos parâmetros que podem causar risco de explosão?			
7- Quais os equipamentos são utilizados para movimentação dos grãos?			
8- Possui sistema de exaustão?			
9- Possui sistema de supressão de explosão? (ex: painéis de explosão, extintores de materiais inertes)			
10- Quais os cuidados são tomados com instalações e equipamentos elétricos?			
11- Qual o procedimento adotado para manutenção?			
12- A manutenção é preventiva ou corretiva?			
13- Qual o procedimento e equipamentos de limpeza adotados?			
14- Existe cronograma ou plano de limpeza?			
15- Quais práticas não descritas em norma são aplicadas para melhorar o processo?			

A partir dos dados obtidos de diferentes unidades de armazenamento foi possível analisar quais os principais requisitos das normas que são atendidos, e permitindo através da amostragem notar qual o nível de adequação nos sistemas de prevenção e combate a explosões na região de Campo Mourão, no estado do Paraná, que possui uma forte presença da agricultura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

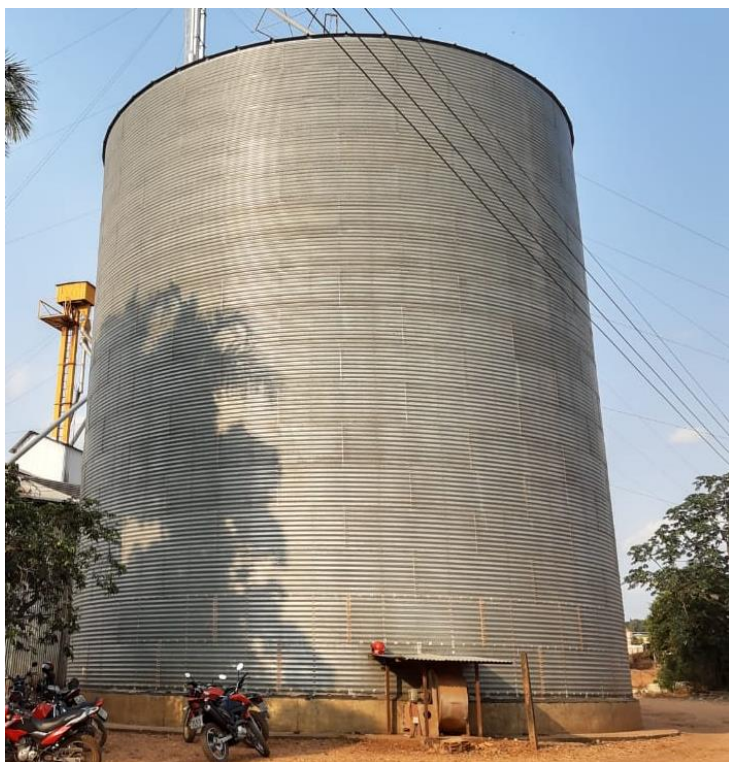
O trabalho foi contemplado através do edital 1/2019 - PROREC/PROGRAD - Apoio à execução de trabalhos de conclusão de cursos. A bolsa recebida auxiliou no desenvolvimento do estudo, pois permitiu a aquisição de equipamentos de proteção para as visitas técnicas, e também proporcionou o deslocamento para as cidades onde as visitas foram realizadas.

A empresa Quevedo Engenharia, em continuidade a proposta apresentada para adesão ao edital, proporcionou um ambiente com todo o suporte para o desenvolvimento do trabalho. Permitindo a utilização do seu espaço físico no escritório para elaboração do desenvolvimento teórico, e por ser uma empresa voltada ao setor agroindustrial, direcionou a pesquisa em postos que poderia ser melhor explorada. Permitiu também o contato direto com empresas do setor para a obtenção de dados e informações para a realização do trabalho.

Seguindo a ideia inicial proposta para o desenvolvimento do trabalho foram realizadas duas visitas técnicas em unidades de armazenamento de grãos particulares, com o intuito de analisar o funcionamento das unidades, e também a aplicação das normas de prevenção de e combate a explosão.

Uma das visitas foi realizada em um silo de armazenamento de grãos localizado no município de Terra Rica – Paraná. O silo, composto por anéis metálicos, com capacidade aproximada de 2300 toneladas, é utilizado para armazenamento de grãos que abastecem os barracões de criação de galinhas poedeiras em uma granja, como é uma alta demanda, a propriedade armazena a própria produção para utilização, como também em períodos entressafras compra grãos a granel, normalmente milho, para ser armazenado. Para o estudo, essa unidade foi analisada como Unidade A. A Figura 26 apresenta o silo de armazenamento da unidade A.

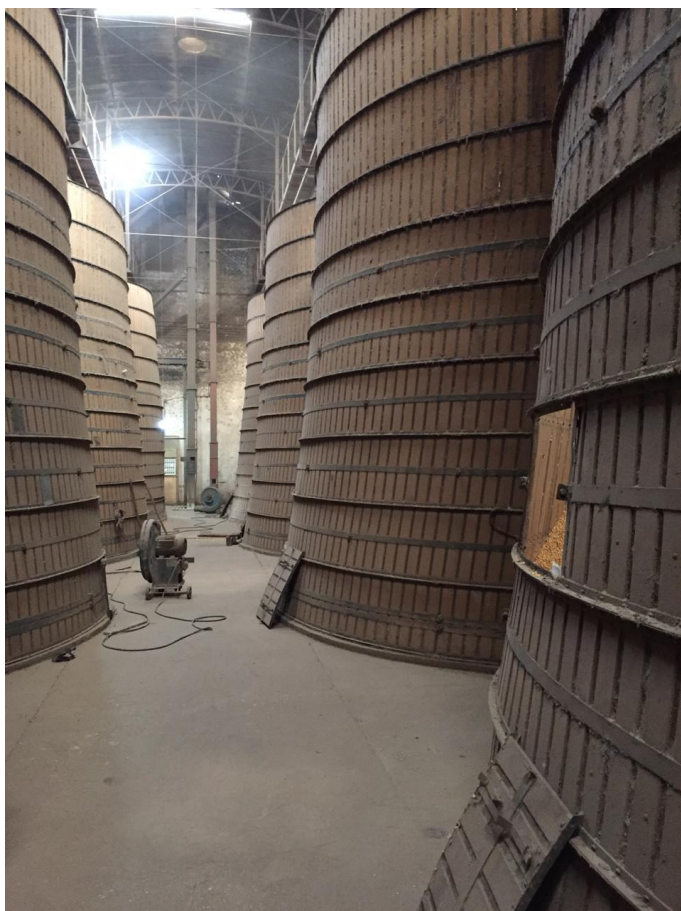
Figura 26: Silo de armazenamento unidade A.



Fonte: Autoria própria (2019).

A segunda visita técnica ocorreu em uma unidade de armazenamento e beneficiamento de grãos, localizada no município de Peabiru – Paraná, essa unidade conta com o total de 10 silos de armazenamento, com capacidade individual de 180 toneladas, totalizando aproximadamente 1800 toneladas na unidade. A Figura 27 apresenta a bateria de 10 silos da unidade B.

Figura 27: Bateria de silos da unidade B.



Fonte: Autoria própria (2019).

Os silos são utilizados para armazenamento dos grãos produzidos na propriedade, que passam pelo processo de beneficiamento, e assim podem ser enviados diretamente ao porto, e além de preparar os grãos para a exportação, uma quantidade também é beneficiada para se tornar a semente para o plantio da próxima safra, que também é revendida para outros produtores locais. A Figura 28 apresenta o silo de armazenamento da unidade B.

Figura 28: Silo de armazenamento unidade B.



Fonte: Autoria própria (2019).

Pelo processo de beneficiamento das sementes para plantio os silos da unidade foram feitos de madeira, e tem o processo um pouco mais lento, pois os grãos precisam ser manipulados de maneira mais delicada, buscando evitar quebras, possibilitando maior qualidade no grão. Para o estudo esta será chamada de Unidade B.

Para a realização das visitas técnicas foram utilizados os equipamentos de proteção individuais necessários, como: Capacete, bota, calça, luva, óculos, máscara, protetor auricular. E ambas as visitas foram dirigidas pelos responsáveis pela operação dos silos, que responderam o questionário proposto no item 3 deste trabalho.

As unidades foram verificadas inicialmente sobre fiscalização, se existe alguma empresa que fiscaliza ou monitora as unidades, e ambas informaram que não, não existe fiscalização, e que depois da unidade em funcionamento não foram vistoriadas. Quanto aos riscos presentes no ambiente de trabalho, a unidade A informou que os principais riscos que os operadores observam no processo são as falhas mecânicas e também a possibilidade de explosão, enquanto na unidade B, o único risco apontado durante a visita, foi o de falhas nos equipamentos, ou seja, falhas mecânicas.

Os silos das duas unidades apresentaram apenas o sistema de termometria, que identifica a temperatura da massa de grãos e indica a necessidade de ventilação para a diminuição da temperatura. O sistema de termometria é controlado pelo quadro de comando dos silos. Em ambas as unidades os funcionários que estão operando as máquinas devem ficar atentos a qualquer tipo de anomalia no sistema, para a intervenção em caso de falhas, pois não apresentam nenhum tipo de sistema que paralisa o sistema em caso de falhas mecânicas principalmente.

Em continuidade as falhas do sistema, abordou-se a parte de manutenção, em ambas as unidades não existe um programa ou procedimento de manutenção estabelecido para prevenção de falhas. O que é feito na prática é a manutenção corretiva, ou seja, conforme falhas ou problemas vão surgindo, eles vão sendo corrigidos de acordo com cada situação.

O anexo A da NPT 027 aborda os procedimentos de limpeza, e seguindo as suas recomendações foram observados e questionados os procedimentos de limpeza das unidades. É recomendado que exista um plano de limpeza para monitoramento ao longo do tempo, contudo nenhuma das unidades apresenta plano de limpeza, e suas estratégias são voltadas principalmente a limpeza superficial, normalmente varrendo os principais acúmulos de poeiras nos ambientes. Não utilizam equipamento como aspiradores de pó, e também não fazem aspensão de água para diminuição da poeira durante o processo de varrer.

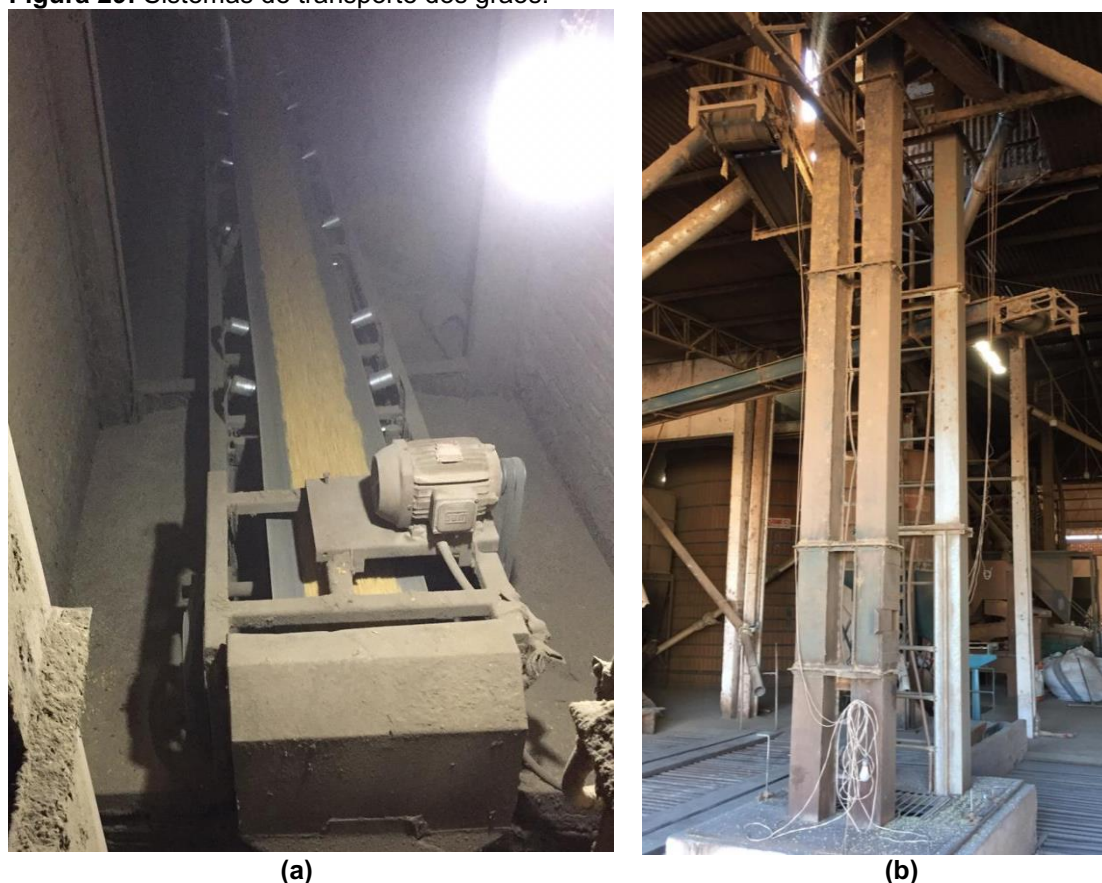
Em ambas as propriedades, os silos possuem uma característica em comum, que é o fundo chato. Pelas características dos silos fundo chato, as bicas que coletam o material e direcionam ao sistema de transporte, sempre que o silo está sendo descarregado, uma quantidade de grãos não consegue ser direcionada automaticamente.

Por esse motivo, no final do descarregamento os funcionários devem entrar no silo para, manualmente, mover os grãos em direção as bicas, se esse processo não for executado todas as vezes que o silo for esvaziado, os grãos que ficam no fundo podem permanecer por mais tempo que o recomendado, podendo entrar em decomposição. Tendo em vista essa característica, pelo menos duas vezes por ano, no período que antecede a safra, os silos são esvaziados, e o restante do material no fundo é removido, e o fundo do silo é limpo.

O sistema de transporte utilizado no transporte dos grãos nas duas unidades é composto por tombador, que direciona o material para a moega, com o auxílio de um elevador de canecas e um silo auxiliar os silos principais são carregados,

posteriormente para retirada dos grãos dos silos são utilizadas as bicas, que posiciona o material na esteira que fica dentro do túnel abaixo do fundo do silo. A esteira transporta o material para outro elevador que direciona o material para expedição ou para utilização. Na Figura 29 apresenta-se dois sistemas de movimentação dos grãos, no item a) pode-se observar uma esteira de transporte dos grãos que fica localizada no túnel abaixo do silo, que direciona através das bicas para a esteira. No item b) está apresentado um elevador de canecas, que faz o transporte vertical dos grãos.

Figura 29: Sistemas de transporte dos grãos.



Fonte: Autoria própria (2019).

Enquanto o material está armazenado, é feito o processo de secagem dos grãos. O secador é uma estrutura que interliga a fornalha e o silo, direcionando o ar quente gerado na fornalha para o interior da massa de grãos, diminuindo a umidade dos produtos armazenados. Por esse motivo o sistema de monitoramento de temperatura é extremamente necessário para o funcionamento da unidade. Na Figura 30 apresenta-se o secador utilizado na unidade B.

Figura 30: Secador unidade B.



Fonte: Autoria própria (2019).

O secador também é responsável por eliminar as fagulhas geradas na fornalha, para que nenhum ponto incandescente tenha contato direto com os grãos, que por apresentarem níveis de umidade cada vez mais baixos ao longo do período de armazenamento, podem iniciar algum foco de incêndio ou gerar alguma explosão.

Relacionado ao risco de explosões em silos agrícolas, e em estruturas anexas, existem alguns procedimentos que devem ser realizados com o intuito de prevenir acidentes. Apenas a unidade A apresentou a explosão como um dos riscos presentes na estrutura, a unidade B não leva em consideração esse risco.

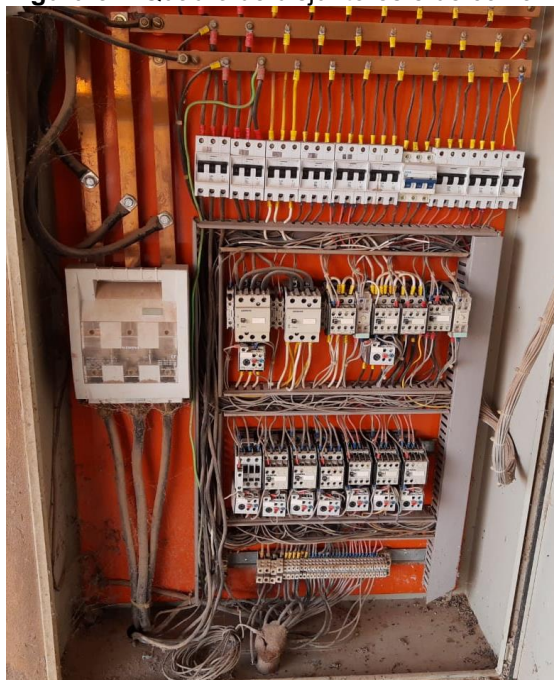
Mesmo com a ciência do risco de explosão pelo responsável da unidade A, essa não apresentou procedimentos quanto ao treinamento dos trabalhadores, os quais recebem apenas instruções verbais pelo responsável do setor. Enquanto na unidade B os trabalhadores não recebem nenhum tipo de instrução sobre o risco de

explosão, e conseqüentemente não existe programa de prevenção a explosões em nenhuma das unidades.

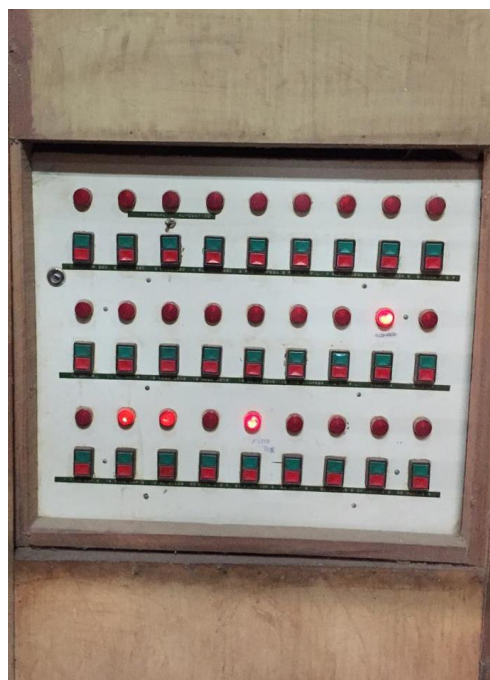
Dando continuidade as visitas, questionou-se como era a rotina de funcionamento da unidade, e quais eram as medidas preventivas aplicadas diariamente. A unidade A informou que a única medida que é executada diariamente é a verificação do sistema de exaustão. Já a unidade B apresentou como medidas aplicadas constantemente apenas verificação da parte elétrica e limpeza.

Os sistemas elétricos presentes nas unidades apresentavam algumas características semelhantes, as duas fazem o controle dos equipamentos através de quadro de comando principal. A unidade A informou que os principais cuidados com os sistemas elétricos são os equipamentos aterrados, com disjuntores e fiação devidamente dimensionadas para o funcionamento ideal. Enquanto a unidade B informou que o único cuidado aplicado aos sistemas elétricos é a utilização do quadro de comando, associado ao quadro de distribuição que contém os disjuntores, que atuam para prevenir falhas elétricas no sistema. Na Figura 31 pode-se observar o quadro de disjuntores e quadro de comando dos silos.

Figura 31: Quadro de disjuntores e de comando.



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2019).

Quanto ao sistema de exaustão, ambas as unidades apresentavam exaustores para controle da nuvem de poeira principalmente ao fazer o carregamento do silo, e

insufladores de ar que atuam com o objetivo de diminuir a temperatura da massa de grãos durante o armazenamento.

Na Figura 32 pode-se observar os equipamentos utilizados para movimentação do ar dentro dos silos. O item a apresenta um insuflador e exaustor, fixo ao silo metálico que apresenta maior porte, na unidade A. No item b) pode-se observar um insuflador de ar, utilizado para injetar o ar em temperatura ambiente dentro do silo, caso haja a necessidade de diminuir a temperatura da massa de grãos, por ser de menor capacidade, os insufladores de ar são móveis, e podem ser ligados em conjunto, conforme necessidade da operação, e são revezados entre os 10 silos existentes na unidade B.

Figura 32: Sistema de movimentação de ar nos silos da unidades A e B.



Fonte: Autoria própria (2019).

As unidades não apresentaram procedimentos quanto a prevenção a explosões, e também não apresentaram equipamentos para maximizar os processos de limpeza e manutenção. Ambas a unidades também não apresentaram nenhum sistema de supressão de explosão, como painéis de explosão, ou extintores de materiais inertes, que tem como objetivo minimizar danos as estruturas e aos trabalhadores no local.

Um único equipamento estava presente em ambas as unidades, contudo é para combate a incêndios, que são os extintores, porém em ambientes com grande concentração de poeiras acumuladas, não é recomendado a utilização dos extintores de água, CO₂, ou pó químico. Quando esses são utilizados no combate a incêndios, podem gerar agitação das poeiras acumuladas, e juntamente com o foco do incêndio

pode causar explosões que podem causar mais danos, tanto a estrutura quanto aos trabalhadores.

Os responsáveis das unidades foram questionados quanto as normas e regulamentações a respeito do risco de explosões em unidades de beneficiamento e armazenamento de grãos, e quais eram mais aplicadas na prática, contudo a resposta obtida em ambas as unidades é que nenhuma prevenção contra explosões era aplicada. As únicas normas que eram seguidas são as recomendações de construção das estruturas conforme o corpo de bombeiros exige, mas relacionado diretamente a explosão não é aplicado nenhum sistema de prevenção.

As justificativas das unidades foram baseadas em um argumento principal para a não utilização das normas. Parafraseando os responsáveis, “ As unidades já estão em funcionamento a bastante tempo, e em todo o período de atividade ninguém nunca falou sobre explosões, e isso nunca aconteceu aqui também”. Portanto nunca foi feita nenhuma abordagem para conscientização relacionada diretamente a explosões.

Os responsáveis pelo funcionamento da unidade no dia a dia são leigos em relação ao tema da explosão, e não se aprofundam em quais as normas são necessárias, e quais os pontos que devem ser atendidos.

5 CONCLUSÕES

Pode-se notar durante o desenvolvimento desse trabalho que o tema da explosão em silos agrícolas ainda precisa ser mais explorado no Brasil, apesar de apresentar algumas normas e recomendações, os conhecimentos são apresentados de forma dispersa.

Para melhor exposição sobre o tema seria interessante as normas englobadas em conjunto, abordando todos os pontos principais, ou seja uma norma que aborda especificamente o tema de explosões, assim possibilitando maior facilidade na aplicação prática dos procedimentos de prevenção.

Foram feitas duas visitas técnicas para apresentação dos resultados desse trabalho, a desinformação em unidades particulares pode gerar maiores riscos na operação das mesmas, contudo é necessária uma amostragem maior para que se possa determinar o cenário do estado do Paraná ou até mesmo do Brasil.

Com o que foi observado na prática, durante as visitas, sugere-se que deva ser realizado um programa de conscientização para adequação, assim, podendo proporcionar melhores ambientes de trabalho, e com menores riscos. A mesma análise pode ser realizada em unidade de maior porte como cooperativas e portos.

Portanto conclui-se que o Brasil apresenta uma grande quantidade de regulamentações que podem ser melhores exploradas a partir do desenvolvimento do tema. A continuidade do trabalho pode-se dar através de análises em mais unidades para determinação mais precisa da aplicação das normas, principalmente em unidades de diferentes capacidades de operação.

6 REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-14: Atmosferas explosivas**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419: Proteção contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5411: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2008.

AMARILLA, R. S. D.; AMARILLA, M. A. M.; CATAI, R.E.; ROMANO, C. A. **Aplicação das normas regulamentadoras para gerenciar os riscos na operação de silos metálicos**. 2012, Rio de Janeiro. Artigo. p. 13 - 40. Disponível em: <<http://www.inovarse.org/node/1254>>. Acesso em: 11 de maio de 2019.

BAAL, E. **Recomendações para projeto de unidades de beneficiamento e armazenagem de grãos com enfoque em segurança do trabalho**. 2013. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/2031>>. Acesso em: 23 de maio de 2019.

BAUDET, L.; VILLELA, F. A. **Armazenamento Garantindo o Futuro**. SEED NEWS Pelotas: Editora Becker e Peske Ltda. 2000, v. 4, n. 4 p. 28-32.

BS&B. **Pressure Safety Management**, 2017, L.L.C. Minnesota, EUA. Disponível em: <http://www.bsbiipd.com/BR/explosion_vents.html>. Acesso em 29 de agosto de 2019.

BUENO, Jeferson Rafael. **Distribuição de pressões e impulsos devidos a explosões não confinadas em edifícios e elementos de proteção à explosão**, Florianópolis, Brasil, 2018.

CNA, Confederação Nacional da Agricultura. **Capacidade de armazenamento e escoamento da produção agrícola**. 2012. Disponível em: <<http://www.icna.org.br/sites/default/files/relatorio/RELAT%C3%93RIO%20DE%20INTELIG%C3%8ANCIA2%20-%20Novembro%202012.PDF>>.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de safra, series históricas, capacidade estática**. 2019. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

EBADAT, Vahid. **Is your Dust Collection System na Explosion Hazard?** Thurmaston, Leicester, UK, 2003. Disponível em: <<http://www.cepmagazine.org>>. Acesso em: 07 de agosto de 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO Agricultural Outlook 2015**. Paris, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en>. Acesso em: 13 de abril de 2019

FIKE METAL PRODUCTS. **Proteção de Explosões**. Missouri, EUA: Form Breppri, 1997. Disponível em: <<http://www.fike.com>>. Acesso em: 29 de agosto de 2019.

GALLARDO, A. P.; STUPELLO, B.; GOLDBERG, D. J. K.; CARDOSO, J. S. L.; PINTO, M. M. O. **Avaliação da capacidade da infraestrutura de armazenagem para os granéis agrícolas produzidos no Centro-Oeste brasileiro**. 2009.

IBGE, Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Brasil 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemtico-da-producao-agricola.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 17 de setembro de 2019.

KEPLER WEBER. **Portfolio**: catálogo. [S.l.]: [s.n], 2016. Não paginado. Disponível em: <<http://www.kepler.com.br/view/pt/literatura.aspx>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

MAPA, Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. **Armazenagem Brasil cenário atual**. Mar. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 13 de abril de 2019.

MACCOMEVAP, Técnica em Iluminação. **O que é Atmosfera Explosiva?** 2004. Disponível em: <<http://www.maccomevap.com.br/maccomevap/index.html>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

MILLER, Bruce G; TILLMAN, David. **Questões de Engenharia de Combustão para Sistemas de Combustível Sólido**. San Diego, CALIFÓRNIA. Elsevier, 2008.

MILMAN, M. J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Universitária – UFPEL, 2002.

MTE, Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria SIT/DSST Nº17, Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura e Exploração Florestal – NRR. 2001**. Publicado 15 de Maio de 2001. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=182717>> Acesso em: 25 de junho de 2019.

NFPA, National fire prevention association. **NFPA 68: Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting**. EUA, 2007.

NPT, Norma de Procedimento Técnico, Corpo de Bombeiros. **NPT 016: Plano de emergência contra incêndio.** Paraná, 2014. Disponível em: <<http://www.bombeiros.pr.gov.br/Pagina/Legislacao-de-Seguranca-Contra-Incendio>>. Acesso em: 25 abril de 2019.

NPT, Norma de Procedimento Técnico, Corpo de Bombeiros. **NPT 018: Iluminação de emergência.** Paraná, 2014. Disponível em: <<http://www.bombeiros.pr.gov.br/Pagina/Legislacao-de-Seguranca-Contra-Incendio>>. Acesso em: 25 abril de 2019.

NPT, Norma de Procedimento Técnico, Corpo de Bombeiros. **NPT 019: Sistema de detecção e alarme de incêndio.** Paraná, 2012. Disponível em: <<http://www.bombeiros.pr.gov.br/Pagina/Legislacao-de-Seguranca-Contra-Incendio>>. Acesso em: 25 abril de 2019.

NPT, Norma de Procedimento Técnico, Corpo de Bombeiros. **NPT 027: Unidades de Armazenamento e Beneficiamento de Produtos Agrícolas e Insumos.** Paraná, 2018. Disponível em: <<http://www.bombeiros.pr.gov.br/Pagina/Legislacao-de-Seguranca-Contra-Incendio>>. Acesso em: 25 abril de 2019.

NR, Norma Regulamentadora, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 19: Explosivos,** Brasília, 2011.

NR, Norma Regulamentadora, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 33: Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados,** Brasília, 2012.

NR, Norma Regulamentadora, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 35: Trabalho em altura,** Brasília, 2014.

PERFECT CONNECTION, **Portfolio:** catálogo 2018. Disponível em: <<http://acessopercon.com.br/percon/>>. Acesso em: 28 de agosto de 2019.

RANGEL, J. E. **Atmosfera explosiva.** 2008. Disponível em: < www.internex.eti.br/estellitopremioabracopel2009.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2019.

REMBE GMBH. **Selection Guide for Pressure Vacuum and Explosion Protection.** Germany: Lorenz, 2004. 15 p. Disponível em: <<http://www.rembe.com>>. Acesso em: 07 de outubro de 2019.

SÁ, Ary de. **Efeito devastador. Revista proteção.** São Paulo, n.181, jan 2007, pág. 63. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/silo.htm>>. Acesso em: 3 de maio de 2019.

SÁ, Ary de. **Explosões – O Perigo dos Grãos**. Revista Proteção. Ed. 98. 1997. Disponível em: < http://www.ares.org.br/uploads/pdf/explosoes_com_poeiras.pdf >. Acesso em: 30 de abril de 2019.

SANTOS, J. P. **Colheita e Pós Colheita: Pragas de Grãos Armazenados**. Sistemas de Produção, 5 ed. Versão Eletrônica, 2009. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/> >. Acesso em: 24 de abril de 2019.

SAUR. **Catalogos**. 2017. Disponível em: <<http://www.saur.com.br/pt/agricola/plataformas-de-descarga-tombadores>>. Acesso em: 10 de maio de. 2019.

SCHUTH, Karl H.; PALASIO de M. Jr., Cosmo. **O uso de Ferramentas antifaiscantes como Meio de Prevenção de Acidentes** [2000]. Disponível em: <<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/4045/faisca>>. Acesso em: 04 de setembro de 2019.

SILVA, L. C. **Afogamento e Sufocamento em Grãos**. 2015. Disponível em: <http://www.agais.com/manuscript/ag0205_afogamento.pdf>. Acesso em: 14 de maio de 2019.

SILVA, J. S.; FILHO, A. F. L.; REZENDE, R. C. **Estrutura para Armazenagem de Grãos (cap. 14)**. In: **SILVA, Juarez de Sousa. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.

TESTA, Luciano. **Novo conceito de projeto de UBAG com ênfase em inovações tecnológicas para melhorias em saúde e segurança do trabalho**. 2018. 153f. **Dissertação de mestrado**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Campo Mourão, 2018.

WEBER, Érico Aquino. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Rio Grande do Sul: Ed. Salles, 2005.

7 Apêndices

Apêndice 1: Visita técnica unidade A.

Verificação das unidades de armazenamento de grãos			
Unidade:	Unidade A	Cidade:	Terra Rica
1- As instalações passam por algum controle de monitoramento ou fiscalização de agência de controle?			
Não.			
2- Quais os principais riscos nos processos de beneficiamento ou armazenamento?			
Mecânicos e explosão.			
3- Os colaboradores recebem treinamento para prevenção e combate a explosão?			
Somente instrução verbal do responsável pelo setor.			
4- Quais as medidas preventivas aplicadas diariamente?			
Checagem do sistema de exaustão.			
5- As estruturas de armazenamento apresentam sistema de monitoramento? Quais?			
Não.			
6- Existe controle dos parâmetros que podem causar risco de explosão?			
Não.			
7- Quais os equipamentos são utilizados para movimentação dos grãos?			
Esteiras, elevador de grãos, tombador e silo auxiliar			
8- Possui sistema de exaustão?			
Sim.			
9- Possui sistema de supressão de explosão? (ex: painéis de explosão, extintores de materiais inertes)			
Não.			
10- Quais os cuidados são tomados com instalações e equipamentos elétricos?			
Equipamentos aterrados, com disjuntores e fiação dimensionadas.			
11- Qual o procedimento adotado para manutenção?			
Manutenção corretiva dos problemas encontrados.			
12- A manutenção é preventiva ou corretiva?			
Corretiva.			

13- Qual o procedimento e equipamentos de limpeza adotados?
Esvaziamento do silo, sistema de exaustão, abertura das entradas para ventilação, varrer.
14- Existe cronograma ou plano de limpeza?
Antes do início da safra de milho o silo é esvaziado e limpo.
15- Quais práticas não descritas em norma são aplicadas para melhorar o processo?
Nenhum.

Fonte: Autoria própria (2019).

Apêndice 2: Vicita técnica unidade B.

Verificação das unidades de armazenamento de grãos			
Unidade:	Unidade B	Cidade:	Peabiru
1- As instalações passam por algum controle de monitoramento ou fiscalização de agência de controle?			
Não.			
2- Quais os principais riscos nos processos de beneficiamento ou armazenamento?			
Falhas mecânicas.			
3- Os colaboradores recebem treinamento para prevenção e combate a explosão?			
Não.			
4- Quais as medidas preventivas aplicadas diariamente?			
Verificação da parte elétrica e limpeza.			
5- As estruturas de armazenamento apresentam sistema de monitoramento? Quais?			
Não.			
6- Existe controle dos parâmetros que podem causar risco de explosão?			
Não.			
7- Quais os equipamentos são utilizados para movimentação dos grãos?			
Esteiras, elevadores e moega.			
8- Possui sistema de exaustão?			
Sim.			
9- Possui sistema de supressão de explosão? (ex: painéis de explosão, extintores de materiais inertes)			
Não.			
10- Quais os cuidados são tomados com instalações e equipamentos elétricos?			
É utilizado um quadro de comando, associado ao quadro de distribuição que contém os disjuntores.			

11- Qual o procedimento adotado para manutenção?
Os problemas são arrumados de acordo com as falhas.
12- A manutenção é preventiva ou corretiva?
Corretiva.
13- Qual o procedimento e equipamentos de limpeza adotados?
Esvaziamento do silo, varrer, sistema de exaustão.
14- Existe cronograma ou plano de limpeza?
Os silos são limpos entressafras.
15- Quais práticas não descritas em norma são aplicadas para melhorar o processo?
Não são aplicadas práticas da norma.

Fonte: Autoria própria (2019).