

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Maria Gabriela Cursino dos Santos Conceição

**CONTROLE DE RISCO DE EXPLOSÃO EM SILOS DE
CEREAIS**

Taubaté – SP

2018

Maria Gabriela Cursino dos Santos Conceição

**CONTROLE DE RISCO DE EXPLOSÃO EM SILOS DE
CEREAIS**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Eng. Denise de Lima Belisario

Taubaté – SP

2018

Maria Gabriela Cursino dos Santos Conceição

CONTROLE DE RISCO DE EXPLOSÃO EM SILOS DE CEREAIS

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Eng. Denise de Lima Belisario

Data: __/__/__

Resultado:_____

RESUMO

As unidades de armazenamento de grãos são muito utilizadas pelo setor agrícola no Brasil, oferecem praticidade e mantêm a qualidade do produto. Apesar dos benefícios apresentam riscos de acidentes de trabalho, sendo a explosão de pó suspenso um deles, que ocorrem ao se negligenciar os cuidados básicos desse ambiente, deixando-o com muita poeira, exposto a altas temperaturas e não fiscalizando as fontes de ignição de calor. Esse trabalho tem como objetivo evidenciar as medidas preventivas para controlar o risco de explosão, possibilitando um ambiente seguro para os trabalhadores e evitando prejuízos materiais a empresa.

Palavras chave: Silos. Explosão de pó. Controle de risco.

ABSTRACT

Grain storage units are widely used by the agricultural sector in Brazil, offer practicality and maintain the quality of the product. Although the benefits pose a risk of accidents at work, the dust explosion is suspended one of them, which occur by neglecting the basic care of this environment, leaving it with a lot of dust, exposed to high temperatures and not supervising the sources of heat ignition. This work aims to highlight the preventive measures to control the risk of explosion, enabling a safe environment for workers and avoiding material damages to the company.

Keywords: Silos. Dust explosion. Risk management.

Lista de Figuras

Figura 1 Silo plano fundo – <i>Kepler Weber</i>	7
Figura 2 Explosão do <i>Continental Grain Complex</i> nos EUA	10
Figura 3 Esquema de uma explosão primária e secundária	14

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Objetivo.....	6
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3	METODOLOGIA.....	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5	CONCLUSÃO.....	20
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se às práticas de controle de riscos aplicadas nas atividades armazenagem de grãos, especificamente silos, que resultam em explosões.

A REVISÃO DE LITERATURA apresenta o histórico e conceito de silos e explosão, medidas preventivas, as legislações bem como acidentes ocorridos nesta atividade.

A METODOLOGIA relaciona os meios e técnicas utilizadas para a elaboração do estudo.

Em RESULTADOS E DISCUSSÕES são apresentadas as situações adequadas que foram identificadas no estudo com acidentes de trabalho envolvendo silos, bem como a relevância do uso de medidas preventivas.

A CONCLUSÃO evidencia a importância do uso de medidas de controle de explosão em silos, para a adoção de práticas de segurança que evitem a ocorrência de acidentes.

1.1 Objetivo

Mostrar a importância do uso de medidas de proteção coletiva para o controle de risco de explosão em silos de cereais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Silos são uma benfeitoria destinada ao armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas como grãos secos, cereais e sementes, esses, são depositados no seu interior a granel, o que facilita o transporte em massa. Por reduzir os custos com transporte e preservar a qualidade dos produtos que armazena, são muito utilizados pelo agronegócio.



Figura 1 Silo plano fundo – *Kepler Weber*
Fonte: Costa, 2017.

Antigamente, os silos, eram construídos em madeira, o que os tornavam mais propensos aos incêndios. Atualmente, são construídos em concreto ou aço sendo menos propensos a pegar fogo e mais resistentes à umidade. Os silos de grãos podem ser altos e finos ou baixos e amplos. São, por vezes, construídos em agrupamentos onde os grãos podem ser movidos entre muitos tanques de armazenamento diferentes, dependendo do tipo de cereal ou demais fatores. Quando agrupados, são muitas vezes referidos como elevadores de grãos (DOOLEY, 2016).

No Brasil, a prática da ensilagem teve seu início no final do século 19. Esta notícia está em um artigo da primeira edição da Revista Agrícola, de junho de 1875, escrita por Luiz de Queiroz, que seria o fundador da Escola Superior de Agricultura (ESALQ/USP), o qual relatou que os melhores fazendeiros do Brasil já usavam silagem de milho na alimentação do rebanho leiteiro, como Carlos Botelho, em sua estância situada no Jardim da Aclimação, na cidade de São Paulo. Em 1915, os missionários do Instituto Gammon, fundadores da Escola Agrícola de Lavras (hoje Universidade Federal de Lavras) decidiram introduzir a técnica na escola e construíram o primeiro silo torre de alvenaria do estado de Minas Gerais, uma estrutura com 7,5 metros de altura. Abastecia-se o silo usando máquina movida por trator e esvaziava-se por meio de grandes janelas ao longo do perfil (AMARAL; BERNARDES, 2010).

Para Silva (2012), uma das causas de acidentes em silos se deve às explosões geradas pelo acúmulo de pó em suspensão em uma atmosfera confinada, juntamente com fonte de ignição e concentração de oxigênio capaz de propagar uma chama. A explosão pode chegar a proporções inimagináveis, causando danos materiais e perdas de vidas humanas.

Segundo o artigo da Revista Proteção, (2007), o armazenamento de grãos da produção agrícola em silos e armazéns é indispensável e influencia na qualidade e preço. Devido a sua complexidade e dimensão podem ser centros de grandes acidentes do trabalho, por serem considerados espaços confinados, lugares fechados, enclausurados, perigosos e traiçoeiros. Faz parte da NR 33 – Espaços Confinados, da NBR 14.787 da ABNT e de alguns itens da NR 18 – Construção Civil do MTE.

A primeira explosão de pó de que se tem notícia, ocorreu em uma fábrica de farinha pertencente ao senhor Giacomelli em Turin no ano de 1785, foi relatada por Count Morozzo's em 1795. Os primeiros cientistas a pesquisarem este tipo de explosão foram Faraday e Lyell em 1845 que neste sentido fizeram um trabalho pioneiro na área (ECKHOFF, 2003).

Devido à alta ocorrência de explosões nos Estados Unidos entre 1900 e 1956, sendo registradas 1.200 explosões com um total de 640 mortos e 1.700 feridos e perdas materiais em mais de 98 milhões de dólares, além de muitas outras que aconteceram a partir deste período, a *NFPA (National Fire Protection Association)* estabeleceu em 1922 o Comitê de Risco de explosões de Pó, com o objetivo de desenvolver recomendações para prevenir explosões de pó, visto que o maior fator de ocorrência era falta de informação.

No *Continental Grain Complex, Westwego* em Louisiana nos Estados Unidos no dia 22 de dezembro de 1977, ocorreu uma explosão muito significativa, como podemos observar na Figura 2. Foi a pior deste tipo em termos de fatalidades e dano estrutural ao complexo. Sendo este constituído por 73 silos de concreto de 35 metros de altura e diâmetro de aproximadamente 8 a 10 metros, tendo também secadoras de grãos, laboratórios, sala de controle, administração, entre outros. A primeira explosão ocorreu de manhã e resultou no colapso do complexo de trabalho. Logo após ocorreram explosões subsequentes às quais destruíram a metade dos silos e os outros tiveram rupturas em sua estrutura. A fonte de ignição nesta explosão não foi determinada, mas nestes casos pode ser devido a descargas eletromagnéticas em uma nuvem de pó (SILVA, 2012).

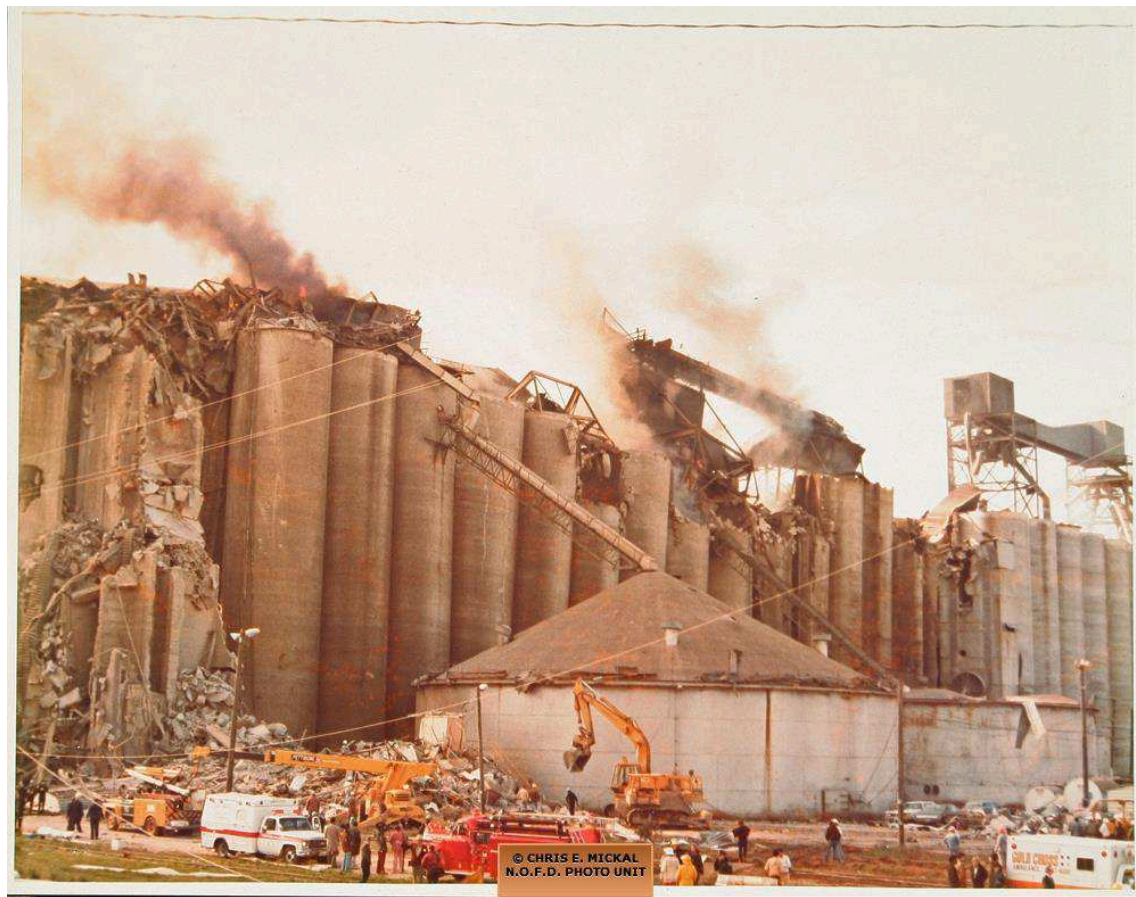


Figura 2 Explosão do Continental Grain Complex nos EUA.
Fonte: *FirelinePhotos.com* (2018)

No Brasil, no ano de 2001, destaca-se a explosão da célula C-2 do silo vertical do Porto de Paranaguá, Curitiba (PR), que causou o falecimento de dois trabalhadores além de cinco ficarem feridos. A provável causa apontada para a explosão teria sido a combustão da poeira de cevada armazenada no local, durante uma operação de limpeza que acontecia no décimo andar do silo, o qual tinha 13 andares e 55 metros de altura. Os silos do armazém foram destruídos e além do prejuízo com a perda do depósito, houve consideráveis danos causados relacionados ao porto onde é situado o armazém (COSTELLA, 2016).

As explosões podem ocorrer com certa frequência em silos, onde se trabalham com produtos que possam gerar em alguma parte do seu processo de beneficiamento, resíduos como a poeira agrícola. Porém, são necessários alguns fatores para ocorrer uma explosão, tais como: Concentração adequada de poeira agrícola dispersa no ar

com propriedades combustíveis e fonte de ignição ocorrendo em locais onde existe a movimentação do produto agrícola (COSTA, 2017).

De acordo com Eckhoff (2003), as explosões ocorrem quando, uma superfície de pó de grãos é aquecida até o ponto de liberação de gases de combustão que, com o auxílio de uma fonte de ignição, dá início ao incêndio. Podem ocorrer com mais facilidade por causa do tamanho de suas partículas, tendo como base de regra que somente partículas menores que 0,1 mm podem entrar em ignição, ainda assim é preciso analisar o tipo de material que forma a nuvem de pó, pois, alguns tem pontos diferentes, ou, nem entram em ignição.

A decomposição de grãos pode gerar vapores inflamáveis, que se apresentam quando a umidade do grão é superior a 20%, podem liberar gases como metano e etano (COUTO, 2004).

Existe uma gama de produtos que são armazenados em silos com propriedades distintas que podem causar explosões. Em geral a taxa de combustão de pó depende do fornecimento de oxigênio, da remoção de produtos que geram combustão e reações químicas associadas. Variações físicas e químicas em um sistema podem ter significantes efeitos para o processo de ignição e explosão. O risco de explosão pode ser influenciado pelo tamanho do reservatório onde a explosão ocorre entre outros fatores. Abaixo são demonstrados alguns fatores que influenciam nas explosões de pó:

- o pó é capaz de ser combustível;
- o pó suspenso no ar;
- tamanho da partícula capaz de propagar uma chama;
- a concentração de pó suspensa;
- uma fonte de ignição capaz de gerar uma chama que se propague com o contato de pó presente no ar;
- quantidade de oxigênio presente no ambiente.

O aumento da taxa máxima de pressão é frequentemente utilizado para medir o risco de explosão, desde a representação da velocidade com que a explosão se desenvolve que é também é um parâmetro usado como método para proteção de explosões. (SILVA, 2012).

De acordo com a norma reguladora definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2007), a severidade da explosão ocorre pelos seguintes motivos:

- propriedades físico-químicas do ar;
- a concentração do pó na mistura pó/ar;
- a homogeneidade e turbulência;
- o tipo, energia e a localização da fonte de ignição;
- a geometria do recipiente;
- a temperatura, pressão, e umidade da mistura explosiva pó/ar.

Verificam-se nestas duas abordagens alguns fatores diferentes como a geometria do recipiente, quantidade de oxigênio e tamanho da partícula do ar.

A composição química da nuvem de pó tem grande importância para definir a explosão, pois quando a explosão de pó se propaga, ocorrem reações químicas entre as partículas e o oxigênio na atmosfera. A taxa de oxigênio consumido é diretamente relacionada à natureza química do pó. O tamanho da partícula de pó é outro fator muito importante para determinar explosões de pó conforme o já exposto anteriormente. Quanto menor o tamanho da partícula maior o risco de explosão. Isto por que partículas menores se dispersão com maior rapidez, ficam em suspensão por mais tempo e queimam mais rapidamente (SILVA, 2012).

Uma baixa possibilidade de explosão pode ser obtida com uma menor concentração de pó suspensa no ar, pois as partículas separadas em uma relativa distância fazem com que a liberação de calor obtida pela oxidação não seja suficiente para ignição. A umidade está sempre presente no pó, a quantidade vai depender da natureza hidrofílica do pó, da umidade relativa da atmosfera e da presença da mistura de água. A presença de umidade geralmente é benéfica, pois tende no decaimento da explosividade, pois, as partículas ficam mais aglomeradas e difíceis de dispersar. Não é possível determinar o máximo suficiente para prevenção de explosão, este fator provavelmente varia com a natureza e tamanho da partícula de pó (ECKHOFF, 2003; SILVA, 2012).

Quando um pó pega fogo, ele queima outras partículas ao seu redor e a chama pode se alastrar por uma nuvem de pó com uma força explosiva. Esta explosão pode ter proporções devastadoras, ocorrendo em cadeia fazendo com que assim ocorra a liberação de vários gases e chamas. Como qualquer explosão, as explosões de pó ocorrem quando um material combustível é disperso na atmosfera contendo oxigênio suficiente para permitir a combustão e ignição. Este processo de explosão envolve alta taxa de combustão das partículas individuais e aglomeradas que são consumidas ou oxidadas. A combustão do carbono presente em materiais orgânicos produzirá produtos gasosos que ocuparam mais espaço que o sólido de origem. Em adição, a expansão da chama resultará na ignição de gases, produzidos pela decomposição de pó (SILVA, 2012).

Em uma unidade industrial onde se tenha poeira agrícola como resíduo do seu processo de beneficiamento, ao longo do tempo esta poeira irá se acumular em locais de difíceis acessos para que se possa fazer uma limpeza adequada. A poeira agrícola quando agitada ou estiver em suspensão se estiver em um local que tenha uma fonte de ignição com energia suficiente para que possa ocorrer uma deflagração, poderá explodir e formar um incêndio. Após estas séries de eventos ocorrerá a explosão primária, podendo se expandir passando para outros locais da unidade industrial através de elementos de ligação como condutos (COSTA, 2017).

Em decorrência da explosão primária, a poeira agrícola acumulada nas estruturas da unidade industrial entra em suspensão formando uma nuvem de poeira, quando esta nuvem entra em contato com alguma fonte calorífica ocorre à combustão instantaneamente. A nuvem de poeira agrícola é oxidada rapidamente devido a sua grande superfície em relação ao seu volume e massa, ocasionando um aumento no volume gasoso do local, sendo um espaço pequeno em relação ao volume gasoso, não consegue aliviar a pressões exercidas sobre ele, resultando em explosões catastróficas.

Logo após as explosões primárias a poeira agrícola acumulada das áreas vizinhas é suspensa devido às vibrações, aumentando a gravidade da explosão, podendo se expandir em toda a área industrial como na Figura 3 (COSTA, 2017).



Figura 3 Esquema de uma explosão primária e secundária.
(a) Esquema de uma explosão primária gerando uma onda que espalha o pó.
(b) Esquema de uma explosão secundária gerada a partir de uma primária.
Fonte: Eckhoff (2003) *apud* Silva, Janaina de Andrade (2012)

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido através de pesquisas em revistas científicas, *sites* especializados, análises bibliográficas e em fontes especializadas em silos de cereais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em uma unidade de beneficiamento e armazenamento de grãos, é fundamental que se tenha um plano para evitar explosões, visto que a mesma gera danos incontáveis, pois, representa um risco ao trabalhador além de danos materiais. Sendo assim, o uso de medidas de proteção coletiva ou medidas de controle de risco bem planejadas tornam-se indispensáveis.

Para a redução e prevenção do número de acidentes, deve-se fazer o levantamento amplo e específico sobre a ocorrência de acidentes, local de trabalho e suas condições, além de implementar programas de prevenção pelos responsáveis pelo ambiente laboral, apontando onde deve ser realizada com maior rigor (LIMA, 2004). Para isso é necessário estar ciente dos parâmetros críticos para a explosão de poeiras, são eles:

- Tamanho da partícula: $< 0,1$ mm;
- Concentração da poeira: 40 a 4.000 g m⁻³;
- Teor de umidade do grão: < 11 %;
- Índice de oxigênio no ar: > 12 %;
- Energia de ignição: > 10 a 100 mega Joule (mJ);
- Temperatura de ignição: 410 a 600°C.

Segundo estatísticas de DEI (2012), uma explosão de pó irá ocorrer apenas se um pó é disperso no ar ou oxigênio dentro do intervalo explosivo e se, ao mesmo tempo, uma fonte adequada de ignição está presente, podendo ocorrer principalmente por presença de chamas e superfícies quentes, aquecimento espontâneo, faíscas de atrito, planta elétrica, eletricidade estática, dentre outros.

Antes da próxima utilização, os silos e armazéns devem passar por um processo de limpeza, varrendo e recolhendo resíduos como grãos deteriorados e impurezas, e destinar esta colheita para incineração ou enterrá-los, de tal forma que não sejam retornados para a massa de grãos, provocando a contaminação. A limpeza deve ser realizada em todas as partes do silo como telhados, paredes laterais (chapas), canais

de aeração, estruturas de sustentação (treliças, montantes, etc.). Essa limpeza também pode ser realizada e é até recomendável a utilização de água, lavando todo o interior do silo e, na sequência, pulverizar com inseticida higienizando o ambiente.

Segundo Eckhoff (2009 *apud* COSTELLA, 2015, p.506 - 507), as principais medidas preventivas para evitar explosões podem ser classificadas em três classes: Prevenção de explosão de nuvem de poeira; Prevenção de fontes de ignição e Mitigação de explosões.

Para a prevenção de explosão de nuvem de poeira é necessário um apurado controle de umidade relativa do ar (abaixo de 50% caracteriza-se faixa crítica de risco); Limpar periodicamente os sistemas de captação de pó, trocando os filtros nos períodos definidos pelos fabricantes; Proceder à limpeza diária da poeira residual depositada nas máquinas, equipamentos e instalações; Treinar os operadores e demais funcionários quanto aos potenciais riscos de explosões; Manutenções periódicas dos equipamentos eletromecânicos; certificar periodicamente os estados dos cabos elétricos e tomar os devidos cuidados ao utilizar aparelhos de solda nos serviços de manutenção;

As medidas para impedir fontes de ignição são: Controle de concentração de pó no ambiente; Avisos com proibição de fumar; Utilização de protetores para lâmpadas e emprego de motores blindados são básicos e fundamentais; Instalações elétricas nos silos à prova de explosão como enclausuramento de lâmpadas e tomadas; Controle da eletricidade estática, por meio de sistema de aterramento dos silos; Controle de chamas abertas com o uso de aparelhos de soldagem, fósforos e operações de esmerilhamento de metais, além da instalação de para-raios.

A mitigação de explosões se faz ao usar técnicas de ventilação, para libertação do excesso de pressão no ambiente, ainda sistemas de extinção ou equipamentos resistentes para limitar as consequências de uma explosão primária e sistemas de isolamento de instalação de explosão, como válvulas, rotativos, fechaduras, e corta-chamas para evitar a propagação da explosão primária (TAVEAU, 2012).

É possível obter mais informações sobre métodos, bem especificados na IT Nº27/2011, que estabelece medidas de segurança para a proteção contra incêndios e explosão em silos, atendendo ao previsto no decreto estadual nº 56.819/11.

Outro fator importante a se avaliar na prevenção de explosões é a operação de carga e descarga. Saber operar e manter um silo metálico vertical é indispensável. É preciso dispor de certos cuidados para manter a estrutura metálica em boas condições de conservação e ambiente para receber o produto, juntamente com os aspectos de segurança na carga e descarga e manutenção do produto armazenado.

A operação de carga do silo vertical deve ser sempre realizada pela parte central do telhado (centro do silo/ talude), em função da necessidade de manter o equilíbrio das cargas verticais, radiais e de embucho, geradas pela massa de grãos armazenados ou em movimento. Realizado de forma descentralizada, este processo poderá gerar um desequilíbrio de forças provocando um recalque na base do silo e, conseqüentemente, um tombamento do mesmo ou deformação das chapas laterais.

Antes de iniciar o carregamento é preciso verificar se o espalhador de grãos, a rosca varredora e os cabos de termometria estão em bom funcionamento, não apresentando falhas ou sinais de desgaste, e testar o controle de nível para certificar-se de seu funcionamento junto ao quadro de comando e realizar limpezas periódicas para retirar o acúmulo de pó e grãos.

O mesmo risco ocorre na hora da descarga, quando realizada de forma descentralizada. A abertura dos registros de descarga deve ser individual, partindo do centro para a extremidade do silo e somente após o escoamento total do produto por gravidade, pelo registro central. Todos os registros deslocados ou descentralizados devem ser seguramente chaveados ou controlados de modo a evitar a abertura acidental por pessoas desautorizadas. Eles somente podem ser abertos, após a saída de todo o produto pelo registro central, restando somente o talude natural. Após acabar o escoamento por gravidade e abertos os registros, deve-se ligar a rosca varredora. Iniciar a retirada das coberturas (meias-canas), uma de cada vez, na medida em que a rosca retirar o produto do centro para a extremidade (lateral do silo). Após a formação do cocho na massa de grãos, desengatar o suporte de fixação e travar a roda para que seja iniciado o processo de avanço sobre o talude. Quanto aos cabos de termometria, depois da descarga total por gravidade do produto e antes de acionar a rosca varredora é preciso soltar os cabos que estão fixados na base do silo e enrolá-los, de modo que não interfiram com a rosca quando a mesma estiver em movimento.

Na operação de descarga, quando houver mais de um registro para executar a função, se aciona inicialmente o central e posteriormente os laterais, de forma que o talude interno da massa desça equilibrado. Por medida de segurança, recomenda-se utilizar sistema de fechadura (cadeado) nos registros laterais para evitar abertura em momentos errados (MALLET, 2010).

5 CONCLUSÃO

O uso de medidas de proteção coletiva é indispensável para controlar os riscos de explosão em silos de cereais, protegendo a vida do trabalhador e o ambiente de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Rafael Camargo do; BERNARDES, Thiago Fernandes. **Silagem: Uma Breve História**. 2010. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/silagem-uma-breve-historia-65427n.aspx>>. Acesso em: 10/10/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 6184-1: **Sistema de proteção contra explosão: parte 1, determinação dos índices de explosão dos pós combustíveis no ar**. Rio de Janeiro, 2007. 14 p.

COSTA, Igor Lasmar. **Estudo e elaboração de texto base para instrução técnica em unidades de beneficiamento e armazenamento de produtos agrícolas no estado de Minas Gerais**. 2017. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário, Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2017.p.29;31. Disponível em: https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/xmlui/bitstream/handle/123456789/507/TCC_IgorLasmarCosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 06/08/2018.

COSTELLA, Marcelo Fabiano; PILZ, Silvio Edmundo; BET, Andrisio. 2016. **Método de coleta e análise de amostras de poeira para avaliação de riscos de explosões de pós em suspensão em unidades de recebimento e armazenagem de grãos**. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 23, n. 3, p. 503-514, Set. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1324-15>. Acesso em: 06/08/2018.

COUTO, J. L. V. **Riscos no trabalho em Silos e Armazéns**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/silo.htm>. Acesso em: 23/10/2018.

DOOLEY, Keith. **Como funciona um silo para grãos?** 2016. Traduzido por Rodrigo Silva. Disponível em: <https://www.ehow.com.br/funciona-silo-graos-como_56459/>. Acesso em: 10/08/2018.

DEI - *Dust Explosion Info*. (2012). **Imperial sugar dust explosion**. Washington. Recuperado em 15 de agosto de 2013, de <http://www.dustexplosion.info>

ECKHOFF, R. K. (2003). ***Dust explosions: in the process industries***. Amsterdam: **Gulf Professional Publishing**. Disponível em: http://books.google.com.br/books?id=y4HkuKYqvoYC&hl=ptBR&source=gbs_navlinks. Acesso em: 06/08/2018

ECKHOFF, R. K. (2005). ***Current status and expected future trends in dust explosion research***. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18(4-6), 225. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jlpp.2005.06.012>. Acesso em: 06/08/2018

Eckhoff, R. K. (2009). ***Dust explosion prevention and mitigation, status and developments in basic knowledge and in practical application***. *International Journal of Chemical Engineering*, 2009, 1-12. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2009/569825>. Acesso em: 06/08/2018

FIELD, P. (1982). ***Dust explosions***. Amsterdam: Elsevier Science, p.183.

LIMA, Maria M. R. (2004) **Acidentes do trabalho**. Disponível em: <http://jus.com.br/revista/texto/5815/acidentes-do-trabalho/2>. Acesso em: 28/07/2018.

MALLET, A. **Importância de Cuidar Silos Verticais e Armazéns de Grãos**. 2010. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/importancia-de-cuidar-silos-verticais-e-armazens-de-graos-_385953.html. Acesso em: 13 nov. 2018.

REVISTA PROTEÇÃO. Artigo de Ary de Sá. **Efeito devastador**. São Paulo, n.181, jan 2007, p. 63. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/silo.htm>. Acesso em: 10/08/2012.

SA, A. de. **Prevenção e controle dos riscos com poeiras explosivas** R4. 1987. Disponível em: http://www.ares.org.br/uploads/pdf/explosoes_com_poeiras.pdf. Acesso em: 06/08/2018.

SÃO PAULO. Secretaria Segurança Pública – SSP; Polícia Militar do Estado de São Paulo – Corpo de Bombeiros.2011. **Instrução técnica nº027/2011**. Disponível em:http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/it_27_2018.pdf. Acesso em: 04/09/2018.

SILVA, J. de A. **Modelagem CFD de explosões de pós em silos**. 2012. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) - Universidade Federal de Lavras, 2012. Disponível em <<http://www.prg.ufla.br/esistemas/wpcontent/uploads/2012/08/MODELAGEM-CFD-DE-EXPLOS%C3%95ES-DEP%C3%93S-EM-SILOS.pdf>>. Acesso em: 05/08/2018. p. 24

SOARES, M. F. M.; FERREIRA, V. wladimiro,dir.ed. - **Grande Dicionário Enciclopédico Volume XII**. p. 5699. Alfragide: Clube Internacional do Livro, 2000. ISBN 978-972-97003-5-4

TAVEAU, J. (2012). ***Secondary dust explosions: how to prevent them or mitigate their effects? Process Safety Progress***, p.36-50. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/prs.10478>. Acesso em: 06/08/2018

ZAGO, M. **Análise da aplicação da nr-33 – segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados em silos de grãos**. 2013. 64 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1549>>. Acesso em: 28/07/2018.