

ADALBERTO APARECIDO MATILHA

**ESTUDO DE CASO: PREVENÇÃO DE EXPLOSÃO DE PÓ AGRÍCOLA EM
UNIDADES ARMAZENADORAS E DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL**

**Monografia apresentada a Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
Título de Engenheiro de Segurança no Trabalho.**

São Paulo

2007

ADALBERTO APARECIDO MATILHA

**ESTUDO DE CASO: PREVENÇÃO DE EXPLOSÃO DE PÓ AGRÍCOLA EM
UNIDADES ARMAZENADORAS E DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL**

**Monografia apresentada a Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
Título de Engenheiro de Segurança no Trabalho.**

São Paulo

2007

**A minha querida esposa Eliza e minha filha Ana Julia,
pela compreensão, apoio e carinho que estiveram comigo durante
toda a duração do curso e elaboração deste trabalho.**

AGRADECIMENTOS

A minha mãe pelo estímulo e incansável apoio.

As empresas e seus colaboradores pela compreensão e disponibilidade do tempo.

A todos que indireta ou diretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

RESUMO

Este estudo aborda os riscos existentes para ocorrência de explosões de pó em suspensão, aponta medidas preventivas e de proteção para mitigação destes riscos em unidades armazenadoras e de extração de óleo vegetal. As medidas preventivas tem como foco as ações sobre o material, sobre as fontes de ignição, sobre a atmosfera e nos treinamentos e conscientização dos colaboradores. Em relação as medidas de proteção são abordados aspectos de segregação do risco da explosão e sistemas de alívio. A literatura especializada define os conceitos em relação as explosões de pó, enumerando estatísticas dos acidentes ocorridos e suas causas e apresenta os locais de riscos. Há uma explanação dos elementos necessários para ocorrência de explosões de pó e as medidas de prevenção e proteção necessárias. Baseado nestes conhecimentos foi desenvolvido o presente estudo de caso que pesquisou quatro unidades armazenadoras e de extração de óleo vegetal, elaborando e aplicando um check-list que possui cinco módulos com pontuações distintas com objetivo de analisar a performance das unidades em relação a medidas preventivas e de proteção de explosões de pó, e, posteriormente, foi realizado uma compilação dos dados e uma análise estatística de seus resultados, apontando ações para cada unidade minimizar os riscos de ocorrência de uma explosão de pó em suspensão. Os resultados demonstram uma relação de performance com o início das atividades das unidades industriais, sendo que as unidades que iniciaram suas atividades após a década de noventa possuem melhor performance principalmente devido a uma melhor concepção do projeto em relação a layout e equipamentos, a maior deficiência encontrada considerando as unidades pesquisadas foi em relação a ações sobre o material principalmente no aspecto da eliminação da geração de pó, com a utilização de sistemas de captação bem dimensionados nos locais de risco.

ABSTRACT

This study is related to the evaluation of the existing risks concerning the concurrencies of the explosions involving dust in suspension, pointing out preventive and protection actions in order to minimize the risks in storing and vegetal oil extraction units. The preventive arrangements have aims on the material, on the ignition sources, on the atmosphere and on the training and the co-workers acquaintances. Concerning the protection arrangements, the risk of explosion and releasing systems are taken into account. The specialized literature defines the concepts related to the dust explosions numbering the accident statistics occurred and their causes defines the places of risks. There's an explanation regarding the necessary elements for deflagration of a dust explosion; specifies the risks in agribusiness; enumerates characteristics and factors in explosive dust; and presents ways for prevention and protection. Based on these knowledge the present case was developed evaluating four storing and vegetal oil extraction units, elaborating and applying one check list with actions for prevention and protection, after it was carried out a data compilation and a statistic analyze of the results, pointing out actions for each unit to minimize the risks of a dust explosion in suspension. The results showed a relation of the performance with the beginning of the industrial activities units and those ones which started their activities after 1990's. They have a better performance mainly due to a better conception of the project comparing to the layout and equipment. The bigger deficiency found, considering the actions on the material is mainly related to the aspects of the dust generating extinguishment, with the captivation system usage in the local of risks.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Justificativas.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Definição de Explosão de pó e suas conseqüências.....	3
2.2. Locais de risco.....	5
2.3. Elementos para deflagração da explosão e estatísticas.....	6
2.4. Os riscos na agroindústria.....	10
2.5. Explosões primárias e secundárias.....	12
2.6. Característica das poeiras explosivas.....	13
2.6.1. Velocidade máxima de aumento de pressão (VMP).....	14
2.6.2. Pressão máxima de explosão (PMP)	15
2.6.3. Energia mínima de ignição (E).....	15
2.7. Parâmetros críticos para explosões de poeira.....	15
2.8. Fatores intervenientes para uma explosão de pó.....	16
2.8.1. Tamanho da partícula.....	16
2.8.2. Concentração.....	17
2.8.3. Umidade.....	19
2.8.4. Materiais inertes.....	19
2.8.5. Concentração de O ₂ Turbulência e Efeito de gases inflamáveis.....	20
2.8.6. Fontes de Ignição de nuvens de pó.....	22
2.8.7. Destrutividade das explosões de poeiras.....	23
2.8.8. Efeitos da velocidade de aumento de pressão.....	23
2.8.9. Efeitos de pressão máxima de explosão.....	23
2.8.10. Efeitos de duração da sobrepressão.....	24
2.8.11. Efeitos de Confinamento.....	24

2.8.12. Efeitos de Inertização.....	25
2.9. Medidas de Prevenção e Proteção.....	25
2.9.1. Medidas de Prevenção.....	25
2.9.1.1. Ações sobre o Material.....	25
2.9.1.1.1. Cuidados na Concepção do projeto das instalações e equipamentos.....	26
2.9.1.1.2. Limpeza.....	26
2.9.1.1.3. Sistemas de Captação de pó.....	27
2.9.1.1.4. Aplicação de Óleo Mineral.....	28
2.9.1.2. Ações sobre a atmosfera.....	28
2.9.1.3. Ações sobre as fontes de ignição.....	29
2.9.1.3.1. Cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico.....	29
2.9.1.3.2. Falhas mecânicas.....	30
2.9.1.3.3. Falhas elétricas.....	31
2.9.1.3.4. Eletricidade Estática.....	31
2.9.1.3.5. Manutenção.....	32
2.9.1.3.6. Ignição Espontânea.....	32
2.9.1.4. Treinamento.....	32
2.9.2. Medidas de Proteção.....	33
2.9.2.1. Super dimensionamento.....	33
2.9.2.2. Isolamento, ou segregação do risco de explosão.....	34
2.9.2.3. Subdividindo uma planta.....	35
2.9.2.4. Sistema de alívio.....	35
3. METODOLOGIA.....	36
3.1. Caracterização das plantas industriais pesquisadas.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1. Análise da performance média das unidades industriais.....	40
4.2. Análise da performance da unidade industrial A	45
4.3. Análise da performance da unidade industrial B	49
4.4. Análise da performance da unidade industrial C	53
4.5. Análise da performance da unidade industrial D	57
4.6. Comparativo da performance das unidades industriais	62

5. CONCLUSÃO.....	64
LISTA DE REFERÊNCIAS	78
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	80
ANEXO A.....	65
ANEXO B.....	67
ANEXO C.....	70
ANEXO D.....	73
ANEXO E.....	75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Terminal TOEPFER – Puerto San Martin (SF) Argentina – Outubro 2001.....	9
FIGURA 2	- Explosão COINBRA Paranaguá (PR) Brasil – Nov. 2001.....	10
FIGURA 3	- Influência da Granulometria das poeiras sobre os efeitos de uma explosão	17
FIGURA 4	- Influência da concentração em poeiras (g/m^3) sobre os efeitos de uma explosão	18
FIGURA 5	- Influência da turbulência sobre a velocidade máxima de aumento de pressão	21
FIGURA 6	- Influência do teor de oxigênio sobre os efeitos de uma explosão	21
FIGURA 7	- Influência da energia da ignição sobre os efeitos de uma explosão..	22
FIGURA 8	- Filtro de mangas tipo pulse-jet.....	27

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Tipos de explosão.....	14
TABELA 2	- Propriedades da Poeira.....	14
TABELA 3	- Parâmetros críticos para explosão de poeira.....	16
TABELA 4	- Classificação performance.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Análise de performance da média das unidades industriais pesquisadas em relação a medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.....	41
GRÁFICO 2 - Distribuição do percentual médio de atendimento as medidas preventivas sobre o material das unidades industriais pesquisadas...	41
GRÁFICO 3 - Distribuição do percentual médio de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição das unidades industriais pesquisadas.....	42
GRÁFICO 4 - Distribuição do percentual médio de atendimento a medida preventiva de treinamento e conscientização das unidades industriais pesquisadas.....	43
GRÁFICO 5 - Distribuição de percentual médio de atendimento as medidas de proteção das unidades industriais pesquisadas.....	44
GRÁFICO 6 - Análise de performance da unidade industrial A em relação as medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.....	45
GRÁFICO 7 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre o material da unidade industrial A.....	46
GRÁFICO 8 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição da unidade industrial A.....	47
GRÁFICO 9 - Distribuição de percentual de atendimento as medidas preventivas de treinamento e conscientização da unidade industrial A.....	48

GRÁFICO 10 - Distribuição do percentual de atendimento das medidas de proteção da unidade industrial A.....	48
GRÁFICO 11 - Análise de performance da unidade industrial B em relação as medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.....	49
GRÁFICO 12 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre o material da unidade industrial B.....	50
GRÁFICO 13 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição da unidade industrial B.....	51
GRÁFICO 14 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas de treinamento e conscientização da unidade industrial B.....	52
GRÁFICO 15 - Distribuição do percentual de atendimento das medidas de proteção da unidade industrial B.....	52
GRÁFICO 16 - Análise de performance da unidade industrial C em relação as medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.....	53
GRÁFICO 17 - Distribuição de percentual de atendimento as medidas preventivas sobre o material da unidade industrial C.....	54
GRÁFICO 18 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição da unidade industrial C.....	55
GRÁFICO 19 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas de treinamento e conscientização da unidade industrial C.....	56
GRÁFICO 20 - Distribuição do percentual de atendimento das medidas de proteção da unidade industrial C.....	56

GRÁFICO 21 - Análise de performance da unidade industrial D em relação a medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.....	57
GRÁFICO 22 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre o material da unidade industrial D.....	58
GRÁFICO 23 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição da unidade industrial D.....	59
GRÁFICO 24 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas de treinamento e conscientização da unidade industrial D.....	60
GRÁFICO 25 - Distribuição do percentual de atendimento as medidas de proteção da unidade industrial D.....	61
GRÁFICO 26 - Performance de atendimento das unidades pesquisadas em relação às medidas preventivas e de proteção.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas e Técnicas
NBR	- Norma Brasileira
NFPA	- National Fire Protection Association
RH	- Recursos Humanos
TNT	- Trinitrotolueno
USA	- United States of América
ISO	- Internacional Standard Organization
ASTM	- American Society for Testing and Materials

1 – INTRODUÇÃO

No Brasil não há muita informação sobre as causas básicas das ocorrência de sinistros bem como a maioria das perícias não são conclusivas em relação a causa raiz dos acidentes envolvendo explosões de pó nas unidades de armazenamento e processamento. Isto tem acarretado uma desinformação sobre as causas desses acidentes, bem como as conseqüências normalmente desastrosas desses acontecimentos. Esta desinformação tem resultado em abusos quanto à segurança das instalações armazenadoras e de processamento.

Atualmente, devido ao aumento da capacidade armazenadora do país, como também devido ao processamento em maior escala destes produtos têm ocorrido acidentes tão graves que se torna difícil passar despercebido à população. Com isso temos observado alguns noticiários de sinistros envolvendo explosões de pó agrícola como os ocorridos em Puerto San Martin Argentina em 2001 e o acidente no porto de Paranaguá no mesmo ano com perdas de materiais inestimáveis, bem como de muitas vidas humanas. De um modo geral, no Brasil, a maior parte dos acidentes ocorre nos armazenamentos de produtos, em ordem de maior risco, tais como trigo, milho e soja.

1.1 – Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo, detalhar os fatores intervenientes para o acontecimento de uma explosão de pó em grãos de cereais e derivados, levantar e analisar as formas de prevenção, proteção e controle e realizar um estudo de caso para demonstração de situações para estes tipos de problema.

1.2 – Justificativas

Apesar das explosões de pó em suspensão terem consequências desastrosas no Brasil existe pouca bibliografia e normatização a respeito do assunto, assim as unidades de armazenamento e processamento de grãos espalhadas pelo país não tem um padrão a ser seguido em relação a projetos, medidas de prevenção e proteção, motivo pelo interesse em desenvolver este trabalho de pesquisa.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

Para atender os objetivos propostos se faz necessário apresentar definições, conceitos e esclarecimentos com fundamentação teórica dos assuntos abordados nesta pesquisa, como esboço a seguir.

2.1 – Definição de explosões, explosão de pó e suas consequências.

Segundo Silva (1999), os explosivos podem ser definidos como substâncias ou mistura destas suscetíveis a sofrerem bruscas transformações químicas sob influência de calor ou ação mecânica. Destas transformações geram gases aquecidos sob alta pressão que tendem a expandir rapidamente levando a:

- Romper estruturas;
- Destruir equipamentos e;
- Ceifar vidas humanas.

As explosões em unidades armazenadoras geralmente possuem por material explosivo a mistura das substâncias de ar atmosférico e partículas sólidas em suspensão, as quais neste caso são denominadas como os agentes comburentes e combustíveis, respectivamente. As partículas originam-se das impurezas que acompanham a massa de grãos ou do esfacelamento dos grãos.

A detonação desta mistura será processada caso em algum local ocorra a temperatura do ponto de detonação, o que pode ser causado por uma fonte de ignição do tipo: acúmulo de cargas eletrostáticas, curtos circuitos, descargas atmosféricas, atrito de componentes metálicos e descuidos quando do uso de aparelhos de soldagem.

Processada a detonação em um dado ponto, a energia calorífica dissipada será utilizada na detonação de outro ponto. Isto estabelecerá uma série de detonações, enquanto houver condições favoráveis que são estabelecidas pela existência de agentes comburentes e combustíveis e a ocorrência da temperatura do ponto de detonação. Deste modo tem-se que o processo de detonação é rápido, mas não instantâneo, sendo que as séries de detonações podem atingir velocidades de

propagação de até 7000 m/s, exercer pressões de até 550 KPa e gerar ondas de choque com velocidades de 300 m/s.

A explosão de pó gera três efeitos: ondas de choque (expansão rápida), radiação térmica (incêndio) e fragmentação (mísseis). As pressões geradas são grandes – uma pressão de 35 a 50 KPa, por exemplo, é capaz de destruir uma casa. Para que seja fatal a um ser humano, seria preciso uma pressão de 100 a 175 KPa. Se o pó for leve a ponto de flutuar terá então maior probabilidade de encontrar uma fonte de ignição. Pós com diâmetro inferior a 200 micra, por exemplo, podem atingir 1,2 m/s em velocidade de queda. (APTS, 2002, p.7)

Sá (1998), em suas pesquisas mostra os seguintes efeitos das explosões em seres humanos e no patrimônio:

Seres humanos

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

Patrimônio

- <0,07 bar.....Quebra de vidros;
- 0,07/0,150 bar..... Destruição de galpões;
- 0,17/0,25 bar.....Remoção de batentes;
- 0,20/0,30 bar.....Esmagamento de tanques;
- 0,35/0,50 bar.....Rupturas estruturas de madeira;
- 0,60/0,90 bar.....Destruição de prédios;
- 0,70/2,00 bar.....Ruptura estruturas de concreto;

2.2 – Locais de risco

Segundo Sá (1998), ocorrem freqüentemente explosões em unidades processadoras, onde as poeiras tenham propriedades combustíveis; porém é necessário, que as mesmas estejam dispersas no ar e em concentrações adequadas. Isto ocorre em pontos das instalações onde haja moagem, descarga, movimentação, transporte etc., desde que não haja controle de exaustão e, obviamente, existam os fatores desencadeantes.

Ocorrem freqüentemente em instalações onde são processadas farinhas de trigo, milho, soja e cereais e particulados de açúcar, arroz, chá, cacau, couro, carvão, madeira, enxofre, magnésio e eletrometal (ligas).

Duarte (1999) afirma que a poeira não explodirá quando estiver no chão ou em camadas sobre as coisas, mas se você colocá-la em suspensão, formando uma nuvem no ar, você terá uma condição explosiva. Adicione uma chama ou centelha a esta condição e ela poderá explodir. Para explodir, a poeira tem que ser fina o suficiente para pegar fogo facilmente. As partículas de poeira têm que estar próximas o bastante, de forma que a chama se espalhe, mas separadas o bastante para que se obtenha a quantidade certa de oxigênio para queimar.

Ainda segundo Sá (1998), as indústrias que processam produtos que em alguma de suas fases se apresentem na forma de pó, são indústrias de alto potencial de risco quanto a incêndios e explosões, e devem, antes de sua implantação, efetuar uma análise acurada dos mesmos e tomar as precauções cabíveis, pois na fase de projeto as soluções são mais simples e econômicas. Porém as indústrias já implantadas, com o auxílio de um profissional competente, poderão equacionar razoavelmente bem os problemas, minorando os riscos inerentes, podendo citar como atividades industriais reconhecidamente perigosas quanto ao risco de incêndios e explosões: indústria de beneficiamento de produtos agrícolas, indústrias fabricantes de rações animais, indústrias alimentícias, indústrias metalúrgicas, indústrias farmacêuticas, indústrias de beneficiamento de madeira e indústrias do carvão.

2.3 – Elementos para ocorrência da explosão de pó e estatísticas

Silva(1999) define deflagração e detonação como:

Deflagração é uma reação química exotérmica que acontece com velocidade de combustão na ordem de cm/s em uma atmosfera explosiva e não ocorre sem que haja a ignição. Essa forma de combustão é a mais lenta de todas e ocorre quando a concentração está próxima dos pontos limites de explosividade.

Detonação como a deflagração é uma reação química exotérmica só que sua velocidade de combustão é de km/s. Essa forma é a mais violenta das combustões e ocorre no ponto de concentração mais favorável à combustão, ou seja, próxima do ponto mínimo de energia de ignição. Processa continuamente, enquanto houver condições favoráveis. Exerce pressões de até 5.650 m.c.a., velocidades de propagação de 420 km/h, gerando ondas de choque com velocidade de 300 m/s.

Segundo SÁ (2007), deflagração é o fenômeno que ocorre com velocidade de chama de 1 a 100 m/s e é o que acontece com maior frequência nas indústrias, e, detonação é o fenômeno de explosão em que a velocidade da chama é igual ou superior à velocidade do som chegando aos 1000 m/s. No caso das explosões em cadeia a deflagração inicial evolui para detonação nas fases posteriores.

Danos provocados por explosões causadas por poeiras de cereais podem ser mencionados, evidenciando que a explosão iniciou internamente, ganhando propagação e aumentando seus efeitos até atingir a edificação como um todo.

FENWAL PROTECION SYSTEMS (2003) afirma que para a deflagração da explosão de pó é preciso que ocorra os seguintes elementos e condições:

- **Combustível:** é o pó em suspensão. Poeiras são partículas sólidas geradas mecanicamente por manuseio, moagem, raspagem, esmerilhagem, impacto rápido, detonação, etc., de materiais inorgânicos e orgânicos – aqui se classificam os grãos e farelos. As poeiras não tendem a flocular, a não ser sob ação de forças eletrostáticas. Elas se depositam pela ação da gravidade. São encontradas em dimensões perigosas que vão de 0,5 a 10 micron. São expressas em mppc – milhões de partículas por pé cúbico de ar, g/m³ ou mg/m³ de ar.

- **Oxigênio**, facilmente disponível na maior parte das operações industriais.

- **Concentração mínima** de pó misturado no ar. É a quantidade de material em suspensão dentro de uma faixa passível de explodir, definida como Limites de Explosividade Superior e Inferior. Abaixo ou acima destes limites não ocorre a explosão. Quanto mais fino o pó, maior o poder de deflagração e maior a velocidade da mesma.

- **Pó seco**: quanto maior a umidade do material bem como a do ar mais difícil se torna à deflagração do mesmo, pois a água residual ao evaporar empobrece o ambiente, deslocando o oxigênio existente. Quanto mais seco, porém, mais suscetível fica.

- **Uma Fonte de Ignição**, gerada por uma chama qualquer, uma faísca de solda, combustão espontânea, faíscas por fricção – atrito entre partes metálicas, ou riscos eletrostáticos inerentes do processo de produção ou de elementos do transporte pneumáticos.

- **Um espaço Confinado**: a maior parte das operações industriais se dá em espaços fechados.

Se for eliminado um dos fatores acima, a explosão por pó não ocorrerá.

O valor potencial explosivo de um quilo de poeira de grão pode variar de três a cinco quilos de trinitrotolueno (TNT).

Segundo Sá (2007) em uma análise rápida, porém conclusiva sobre o fato de uma poeira ser ou não explosiva pode ser obtida na maioria das plantas de armazenamento. Tomando uma amostra do produto e após passá-la por uma peneira de malha adequada, faremos sua quantificação em pó e em grão, extraíndo desta, elementos quantitativos (quantidade de pó da amostra e de produto) que são grandes auxiliares no dimensionamento dos sistemas de controle posterior.

O passo seguinte à quantificação é o ensaio de combustividade, onde as amostras-pó e grão são colocadas sobre a placa de amianto do bico de bunsen; o pó, para testar a autocombustão e o grão, a inflamabilidade. Após o aquecimento nota-se pelo desprendimento de fumaça branca, a destilação dos voláteis. Se o produto não se auto inflama (autocombustão), aproximamos uma chama para confirmar sua combustividade, que se confirmada entra em processo de inflamação. Neste ensaio, os produtos atenderam a combustividade, queimando e evidenciando os cuidados em

seu manuseio. Existem uma série de normas que padronizam os métodos para determinação das características explosivas das poeiras, podemos citar a International Standard ISO 6184-1 (1985), ASTM American Society for Testing and Materials E2021-06 e ASTM 2019.

Conforme relatos que se tem notícia uma das primeiras explosões de pós foi datada de 14 de dezembro de 1785, o local da ocorrência foi em um moinho de trigo na Itália, este foi totalmente destruído. Em um primeiro momento, atribuiu-se a causa aos gases inflamáveis emitidos pela farinha, mas depois foi reconhecida uma contribuição da própria farinha no desenvolvimento da explosão.

Estatísticas apresentam cifras da ordem de 1085 explosões de pó, com 640 mortos e 1712 feridos, desde o início do século XX.

Hajnal (2003), demonstra que as estatísticas em relação às explosões de pó estão mais facilmente disponível na USA, onde as explosões de pó são causa de grande preocupação. Nos últimos 12 anos teve mais de 150 explosões, causando danos avaliados em mais de 100 milhões de dólares, centenas de feridos e quase 30 mortos.

Uma extensa legislação tem sido introduzida na USA, que abrange o desenho de plantas e transportadores, na obrigação de instalar dispositivos de monitores, gestão interna, capacidade do pessoal e procedimento de segurança.

A incidência de explosão de pó na Europa é muito rara, em parte devido a melhores desenhos, melhor manutenção, e questões climáticas, porém não estão isentos. Na França, logo após a explosão do silo de Blaye em 1997, com um saldo de 11 mortos, se revisou uma severa legislação.

Atualmente, na Argentina e no Brasil não há uma legislação específica de segurança de plantas de armazenamento e processamento de grãos, igual quase todo resto do mundo, de todo modo os projetistas e operadores devem estar alertas.

Segundo estatísticas, as principais fontes de ignição causadoras de acidentes com explosão de pó são:

- Faíscas mecânicas = 50%;
- Eletricidade estática corte e solda, faíscas a arco = 35%;
- Sobreaquecimento = 15%;

Os principais equipamentos e/ou locais críticos ao surgimento destes acidentes são:

- Moinhos e trituradores = 40%
- Elevadores = 35%
- Transportadores = 35%
- Coletores de pó e silos = 15%
- Secadores = 10%

As principais instalações que sofreram acidentes por explosão de pó são:

- Instalações de silos armazenadores = 67%
- Moinhos de alimentos balanceados = 16%
- Instalações de processamento de milho = 3%
- Moinhos de farinha = 2%
- Outros lugares = 12%. (Fonte: PÓ MORTAL, [entre 1970 e 1980]).

Abaixo segue algumas fotos de recentes ocorrências de explosão de pó:



Figura 1 – Terminal TOEPFER – Puerto San Martín (SF) Argentina – Outubro 2001



Figura 2– Explosão COINBRA Paranaguá (PR) Brasil – Nov.2001

2.4 – Os riscos na agroindústria

Nesta atividade industrial os principais riscos observados e catalogados, são os de incêndio e explosões por poeiras em suspensão, são os que mais danos trazem ao patrimônio, com perdas irreparáveis e incontáveis dias de paralisação, perda de mercado, de competitividade, e, o investimento necessário para colocar novamente em operação o complexo, e as consequências psicológicas que isto representa no futuro, pois sempre haverá alguém que participou ou assistiu a catástrofe e que terá dificuldade de conviver com ela novamente.

A agroindústria possui fábricas que dispõe entre outros a receber, armazenar, transportar e transformar grãos de cereais em produtos diversos e como a experiência, através da história, nos legou conhecimentos de seus riscos e benefícios, passamos a enumerá-los para seqüenciar nosso trabalho. Neste item descrevemos os principais riscos de uma unidade de recepção, beneficiamento, armazenamento de grãos e produção de rações balanceadas, incluindo ainda no contexto as fábricas de óleos vegetais que tem o mesmo terminal de recepção que os referidos, porém em quantidades muito superiores que as de ração.

O processo inicia com a chegada à planta, dos caminhões graneleiros e ao descarregar seu produto sobre as moegas, produzem uma enorme nuvem de poeira, considerando as fontes quentes dos próprios caminhões temos as condições e concentrações propícias a uma explosão. Havendo ainda o risco de doenças profissionais por inalação das mesmas, pois estas além dos resíduos normais de seu plantio podem conter resíduos de produtos usados como defensivos na lavoura, além das poeiras minerais.

Se na condição de nuvem em suspensão, já há grande risco de explosão, quanto mais se estas poeiras estiverem em locais confinados, como ocorre nos corpos dos transportadores diversos, que por suas características funcionais, levam em seu bojo os ingredientes necessários para a deflagração de um sinistro, só que nestas condições, com danos muito superiores do que os de superfície, pois uma explosão confinada tem suas pressões enormemente aumentadas para buscar seu equilíbrio natural, destruindo os túneis de concreto, localizados a vários metros da superfície e chegando a aflorar a superfície do piso devido as grandes pressões exercidas.

Os secadores normalmente possuem suas matrizes de aquecimento a fogo em contato direto com o produto, sendo a lenha o combustível mais utilizado, sendo o risco uma constante neste setor, neles é que geralmente se iniciam os incêndios e explosões, e em face da elevada quantidade de material em seu interior, a extinção é muito difícil.

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

O pó com diâmetro maior que 100 micron pode ser removido por máquinas de limpeza ou sistema de aspiração. O pó menor que 100 micron geralmente adere ao grão, dificultando a sua remoção durante as operações normais de limpeza de grãos. Quando estes são movimentados, as partículas de pó se desprendem dos grãos, ficando às vezes em suspensão no ar, o que constitui grande perigo de explosão.

2.5 – Explosões primárias e secundárias

Em geral, quando acontece uma explosão de pó, raramente se limitam a uma única explosão. Na grande maioria dos casos, origina-se uma explosão primária, de violência limitada, em torno da fonte de energia. A onda explosiva põe em suspensão o pó que estava depositado, alcançando grandes distâncias, e produz uma segunda explosão, cuja fonte de ignição é a primária. O efeito dessa segunda explosão é devastadora, sendo freqüentemente seguida de outras explosões com efeitos menos demolidores.

Segundo Sá (1998), a poeira depositada ao longo do tempo nos mais diversos locais da planta industrial, quando agitada ou colocada em suspensão e na presença de uma fonte de ignição com energia suficiente para a primeira deflagração, poderá explodir, causando vibrações subseqüentes pela onda de choque, isto fará com que mais pó depositado entre em suspensão e mais explosões aconteçam, cada qual mais devastadora que a anterior, causando prejuízos irreversíveis ao patrimônio, paradas no processo produtivo e o pior, vidas são ceifadas ou ficam alijadas de sua capacidade elaborativa com as conseqüências por todos conhecidas (incapacidade totais e permanentes).

A mudança de incêndio para explosão pode ocorrer facilmente, desde que poeiras depositadas nas cercanias de fogo, sejam agitadas, entrem em suspensão, atingem concentração mínima de explosividade, e como o local já está com os ingredientes necessários, o próximo passo é o desencadeamento das subseqüentes explosões. Ao contrário, se as poeiras em suspensão causarem uma explosão, as partículas de poeira que estão queimando saem da suspensão e espalham o fogo. Nestes termos os danos podem ser consideravelmente maiores.

As poeiras combustíveis finamente pulverizadas são, em geral muito perigosas. Os depósitos de poeira combustíveis sobre vigas, sobre máquinas em torno dos locais de transferência no transporte, são suscetíveis de incendiar com chamas. Ao entrar em ignição, as poeiras combustíveis suspensas no ar podem produzir fortes explosões. Por outra parte, se as poeiras são agentes oxidantes e se acumulam sobre superfícies combustíveis, os processos de combustão se aceleram consideravelmente no caso de incêndio. Se misturar um agente oxidante finamente pulverizado com

outras poeiras combustíveis, a violência da explosão resultante será muito mais grave que se faltasse tal agente oxidante. Para sufocar ou deter os incêndios ou deflagrações de poeiras combustíveis se empregam materiais inerte, tais como a pedra cal.

A possibilidade de explosão de uma nuvem de pó está condicionada à dimensão de suas partículas, sua concentração, às impurezas, à concentração de oxigênio e a potencia da fonte de ignição.

As explosões de pó se produzem freqüentemente em série. Muitas vezes, a deflagração inicial é muito pequena em quantidade, porém de suficiente intensidade para colocar o pó das cercanias em suspensão, ou romper peças de máquinas ou instalações dentro do edifício, como os coletores de pó, com os quais se cria uma nuvem maior que pode se propagar e resultar em explosões secundárias. Não é raro produzir uma série de explosões que se propagam de um edifício a outro.

2.6 – Características das poeiras explosivas

Segundo Sá (2007) o perigo de uma classe determinada de poeira está relacionado com sua facilidade de ignição e com a gravidade da explosão resultante. Para tal, foi criado nos Estados Unidos, um equipamento experimental para testar poeiras explosivas, com sensores diversos que permitem conhecer as características das poeiras explosivas. A sensibilidade de ignição é função da temperatura de ignição e da energia necessária, enquanto que a gravidade de explosão vem determinada pela pressão máxima de explosão e pela máxima velocidade de crescimento da pressão.

A sensibilidade de ignição (Si) e a gravidade de explosão (Ge) se definem da seguinte forma:

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

$Ge = Ti \times E \text{ min.} \times \text{Conc. min. (pó teste)} / Ti \times E \text{ min.} \times \text{Conc. min. (do pó de "Pittsburg")}$.

Índice de explosividade (Ie.) é o produto da (Si. x Ge.) pelo qual nos é permitido classificar os riscos relativos da poeira como segue:

Tabela 1

Tipos de explosão	Si	Gi.	Ie.
(P) Pequena	< 0,2	<0,5	<0,1
(M) Moderada	0,2 - 1,0	0,5 - 1,0	0,1 - 1,0
(F) Forte	1,0 - 5,0	1,0 - 2,0	1,0 - 10
(MF) Muito forte	>5,0	>2,0	>10

(Fonte Sá (2007))

Nomenclatura

Ie. – Índice de Explosividade

Ge. – Gravidade de Explosão

Si. – Sensibilidade de ignição

Pmp. – Pressão máx. de expl. Kg/Cm²Vmp. – Velocidade Máx. de aumento de pressão. Kg/Cm²

T1. – Temp. ig. Do leito °C.

T2. – Temp. Ig. Da nuvem °C.

E. – Energia de ignição joules

C. Concentração Gr/m³ P.% de O₂ mínimo

Tabela 2

PROPRIEDADES DA POEIRA

	-	-	-	Kg/cm²	Kg/cm²	°C	Joules	Gr.m³
Tipo de pó	Ie	Si	Ge	Pmp	Vmp	T	E	Conc.
Arroz	0,3	0,5	0,5	3,3	49	510	0,10	50,3
Milho	6,9	2,3	3,9	5,27	218,15	480	0,04	25
Soja	0,7	0,6	1,1	6,6	56	550	0,10	35,5
Trigo	2,6	1,0	2,6	6,43	154,8	500	0,06	65

(Fonte Sá (2007))

2.6.1 – Velocidade máxima de aumento de pressão (Vmp)

Calça (2005) define velocidade máxima de aumento como:

É o valor da derivada da pressão em relação ao tempo, finalmente expresso em bar/s, psi/s N/m²s.

É uma característica cinética da mistura explosiva e que depende de diversos fatores:

- da forma e do volume do equipamento ocupado pela nuvem de pó.
- da natureza e da potência da fonte de ignição (faísca, fogo nu, ponto quente máxima de aumento de pressão).
- da granulometria que tem capital importância sobre a explosividade, visto que pós-finos podem ficar em suspensão mais facilmente e por mais tempo e se dispersam mais uniformemente que os pós-grossos; as partículas menores têm superfícies externas maior por unidade de peso e conseqüentemente se oxida mais rapidamente absorvendo mais oxigênio. O efeito combinado destes fatores é uma temperatura de inflamação mais baixa, e uma concentração mínima explosiva também mais baixa.

2.6.2 – Pressão máxima de explosão (Pmp)

Calça (2005) define pressão máxima de explosão como:

È a pressão máxima verificada em um recipiente fechado durante a explosão de uma mistura de pó/ ar de concentração ideal.

2.6.3 – Energia mínima de ignição (E)

Calça (2005) define energia mínima de ignição como:

A menor quantidade de energia elétrica armazenada em um capacitor que pela variação dos parâmetros do circuito de descarga, quando descarregado na forma de faísca, não seja suficiente para provocar a ignição em uma mistura com a capacidade de ignição mais elevada, em condições de temperatura e pressão ambientes.

2.7 – Parâmetros críticos para explosões de poeira

A seguir, um resumo das características físico-químicas dos fatores influentes na ocorrência de explosões por pó em suspensão.

Tabela 3 – Parâmetros críticos para explosões de poeira

Tamanho de partícula	< 0,1 milímetro
Concentração da poeira	40 g/m ³ - 4000 g/m ³
Índice de umidade	< 11%
Oxigênio	> 12%
Energia de ignição	> 10 mJ – 100 mJ
Temperatura de ignição	410° - 600°C

(Fonte : FIREFLY, 2005).

2.8 – Fatores intervenientes para uma explosão de pó

Em suas pesquisas SÁ (1998), levanta uma série de fatores que influenciam em uma explosão de pó. Segue abaixo uma breve descrição de cada um deles:

2.8.1 – Tamanho da partícula

Quanto menor for a dimensão da partícula de pó, é mais fácil à nuvem entrar em ignição, visto ser maior a superfície exposta por unidade de peso da matéria (superfície específica). As dimensões da partícula influem também sobre a velocidade de crescimento da pressão: para uma concentração dada de pó em peso, um pó formado por partículas grossas mostra uma velocidade de aumento de pressão mais baixa que o mesmo pó fino. A concentração mínima necessária para que haja explosão, a temperatura de ignição, e a energia necessária para ignição por sua vez diminuem, ao diminuir a dimensão da partícula de pó. Numerosos estudos indicam este efeito em grande variedade de poeiras.

A dimensão do tamanho da partícula faz aumentar também a capacidade elétrica das nuvens de pó, ou seja, o tamanho das cargas elétricas que se pode acumular na partícula da nuvem. Como a capacidade elétrica dos sólidos é função de sua superfície, a possibilidade que se produzam descargas eletrostáticas de suficiente intensidade para colocar em ignição a nuvem de pó, aumenta ao diminuir a dimensão média da partícula. Porém para que se produzam descargas eletrostáticas se requer,

entre outros, consideráveis quantidades de pó em grandes volumes com forças dielétricas relativamente alta e conseqüentemente, longas períodos de relaxação.

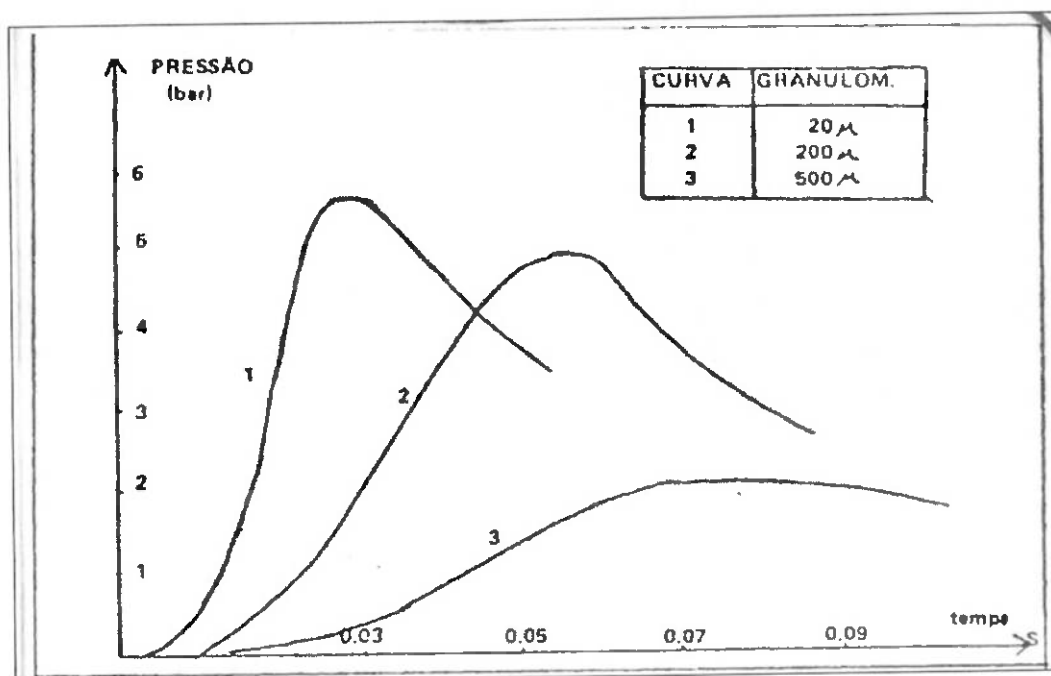


Figura 3– Influência da Granulometria das poeiras sobre os efeitos de uma explosão (Fonte: CALÇA, 2005, p.60).

A figura 3 demonstra o aumento da pressão da explosão com a redução da granulometria das poeiras.

2.8.2 - Concentração

Como acontece com os vapores e os gases inflamáveis, existe uma margem específica de concentração de pó dentro do qual pode ocorrer a explosão.

Os valores da concentração podem expressar-se em peso por unidade de volume, embora quando não se conhece a dimensão da partícula da amostra, esta expressão é pouca significativa. Ao trocar o diâmetro, se produzirão variações na concentração mínima de explosão, estas se reduzem ao diminuir o diâmetro das partículas. A pureza da amostra, a concentração de O_2 , a potência da fonte de ignição, a turbulência da nuvem e a uniformidade da dispersão influem também nos limites inferiores de explosividade da nuvem (LIE).

O limite superior de explosividade (LSE) das nuvens de pó não foi determinado devido a dificuldades experimentais, também se questiona se ele existe para poeiras e do ponto de vista prático sua utilidade é duvidosa. As curvas que se obtêm ao relacionar graficamente a Pmp. e a Vpm., com a concentração demonstram que estes valores são mínimos no limite inferior de explosividade e que depois aumentam até seu valor máximo ao dar-se a concentração ótima, em cujo ponto começam a diminuir lentamente. Também se verifica que a Pmp. e a Vpm., não se dão precisamente em igual concentração. O efeito destrutivo se determina em primeiro lugar pela Vmp.

Observa-se que as explosões mais violentas se produzem com uma concentração ligeiramente superior a necessária para que se tenha a reação com todo o oxigênio que haja na atmosfera. Nas concentrações menores gera-se menos calor e criam-se menores pressões de ponta. Com concentrações maiores das que causam explosões violentas, a absorção do calor pela poeira não queimada pode ser a razão de se produzirem pressões menores de explosão, que a máxima.

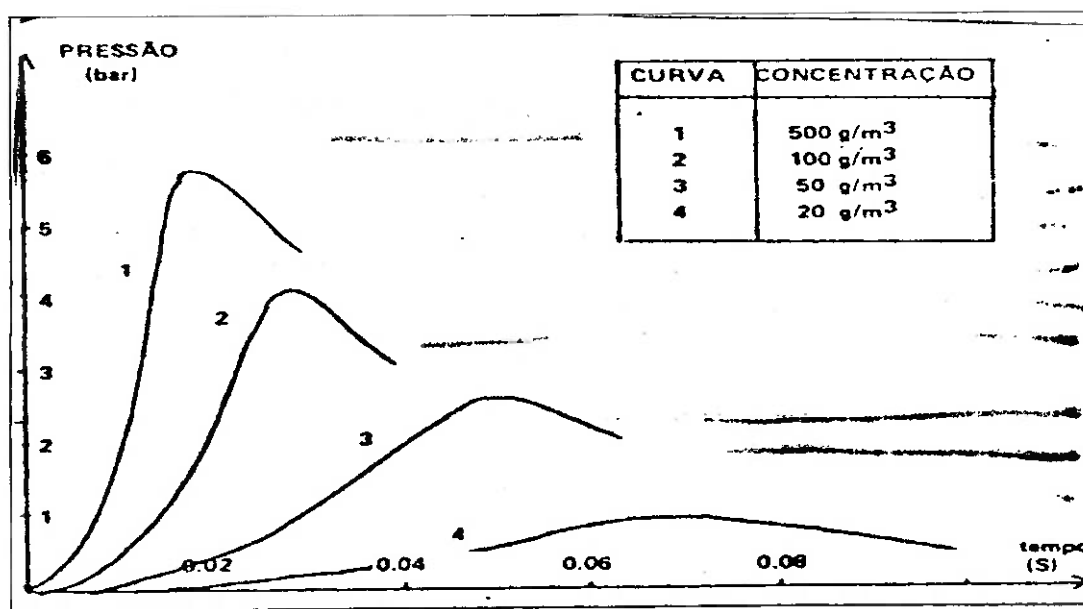


Figura 4— Influência da concentração em poeiras (g/m³) sobre os efeitos de uma explosão (Fonte: CALÇA, 2005, p.62).

A figura 4 demonstra o aumento da pressão da explosão com o aumento da concentração de poeira.

2.8.3 – Umidade

A umidade contida nas partículas de pó faz aumentar a temperatura de ignição delas devido ao calor absorvido durante o aquecimento e a vaporização da umidade. A umidade do ar tem pouco efeito sobre a deflagração, depois que se produzir a ignição, existe, porém uma relação direta entre o conteúdo de umidade, a energia mínima necessária para a ignição, a concentração de explosão mínima, a **Pmp.**; e a **Vmp.** Por exemplo, a temperatura de ignição do amido de milho pode aumentar até 50 °C. com um aumento de umidade de 1,6 a 12,5 %. Do ponto de vista prático, a umidade não pode considerar-se como meio efetivo de prevenção contra explosões, pois a maior parte das fontes de ignição, proporcionam energia suficiente para aquecer e evaporar a umidade que pode estar presente no pó.

2.8.4 – Materiais Inertes

A presença de um sólido inerte no pó reduz a combustividade do mesmo, pois absorve calor, porém a quantidade necessária para impedir a explosão é considerada maior que as concentrações que possam ser encontradas ou toleradas como corpos estranhos ao processo. A adição de corpos inertes reduz a **Vmp** e aumenta a concentração mínima de pó necessária para a explosão. Um exemplo é a pulverização de rocha nas minas de carvão para impedir as explosões dos pós-combustíveis. Geralmente a pulverização se faz na entrada das minas com uma concentração de poeira de rocha de 65% da quantidade total do pó.

O gás inerte é eficaz na prevenção das explosões de pós, uma vez que dilui o O_2 a uma concentração muito baixa. Ao selecionar o gás inerte mais adequado, deve-se cuidar para que este não reacione com o pó, é o caso de certas poeiras metálicas que reacionam com o CO_2 ou com o N_2 , neste caso deve usar-se o Hélio (He) ou Argônio (A).

2.8.5 – Concentração de O₂ Turbulência e efeito de Gases Inflamáveis.

As variações de concentração do O₂ afetam a facilidade de ignição das nuvens de pó e suas pressões de explosão. Ao diminuir a pressão parcial de O₂, a energia necessária para explosão aumenta, a temperatura, também, e as **Pmp.**, diminuem. O tipo de gás inerte empregado como diluente para reduzir a concentração do O₂ tem um efeito aparentemente relacionado com a capacidade molar.

A combustão do pó se reduz na superfície das partículas. A velocidade de reação, portanto, depende do íntimo contato do pó com o O₂. Por este fato, o fator turbulência propicia explosões mais violentas, que as em atmosferas mais tranquilas.

A adição de uma pequena quantidade de gás inflamável à nuvem de pó põe em ignição os aerossóis resultantes, reforçando a violência da explosão, sobretudo a baixas concentrações. As Vmp., resultantes são mais altas que as previsíveis em condições normais. Sem contar o pó, a fração restante do total do combustível suspenso no ar, representada pelo vapor inflamável, estaria por si só abaixo de seu limite inferior de explosividade. Em algumas operações de secagem que impliquem na evaporação de uma substância inflamável extraída da poeira combustível, se produzem explosões muito mais violentas que as consideradas apenas pelo vapor inflamável. Tem acontecido ainda explosões em misturas de vapor inflamável-pó combustível-ar em que a proporção da mistura de ar vapor estava abaixo do LIE, ante tal situação é necessário prever medidas de proteção especial, tal como a diluição com gás inerte, utilização de supressores de explosão, instalação de elementos de ventilação de grandes dimensões e a adoção de métodos cuidadosamente estudados da eliminação da eletricidade estática (aterramento) conforme Norma Brasileira NBR-5410/2001.

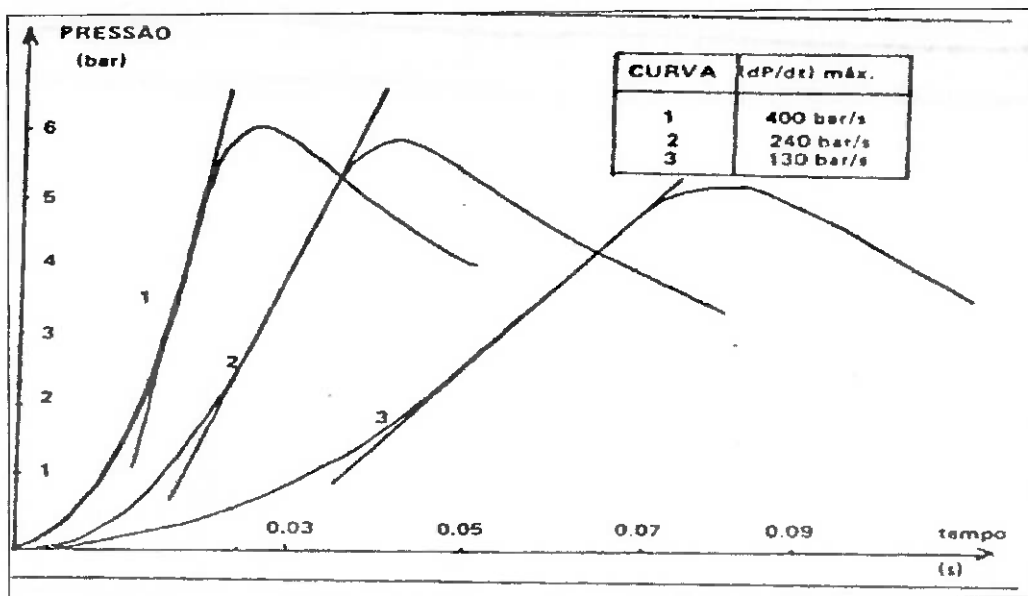


Figura 5– Influência da turbulência sobre a velocidade máxima de aumento de pressão (Fonte: CALÇA, 2005, p.60).

A figura 5 demonstra o aumento da pressão da explosão com o aumento da turbulência sobre a velocidade máxima de aumento de pressão.

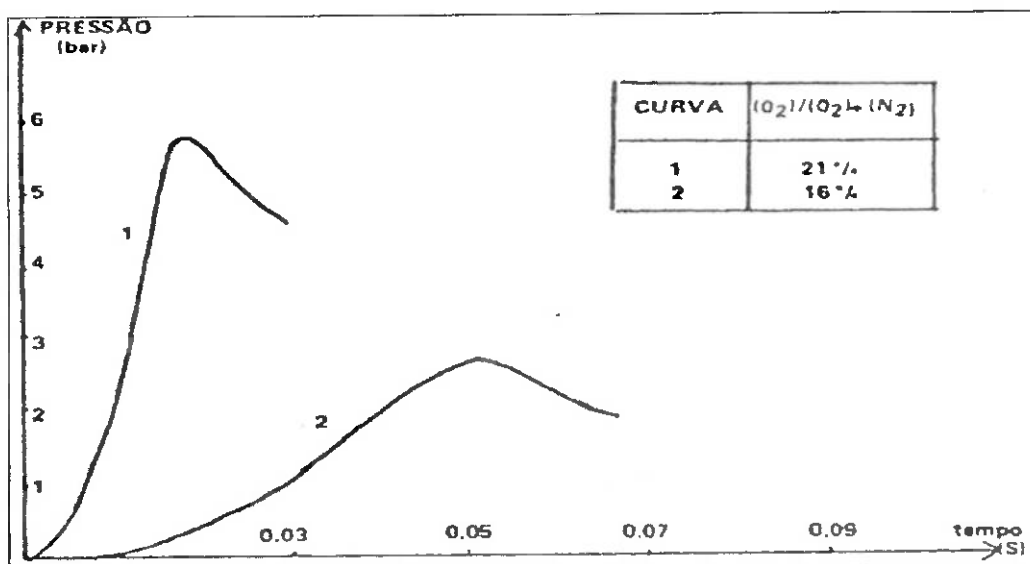


Figura 6– Influência do teor de oxigênio sobre os efeitos de uma explosão (Fonte: CALÇA, 2005, p.63).

A figura 6 demonstra o aumento da pressão da explosão com o aumento do percentual de oxigênio.

2.8.6 – Fontes de Ignição das Nuvens de Pó

As nuvens de poeira podem incendiar-se pela ação de chamas abertas, luzes, produtos defumadores, arcos elétricos, filamentos incandescentes, faíscas de fricção, condutores de vapor de alta pressão, e outras superfícies quentes, faíscas eletrostáticas, aquecimento espontâneo, solda e corte oxi-acetilênico, e faíscas procedentes destas operações. A maior parte das temperaturas necessárias para por em ignição as nuvens de pó, situam-se entre 300 e 600°C. e a grande maioria das potências, estão entre 10 e 40 milijoules. Comparando-se estes dados com as energias de ignição necessárias para inflamar vapores são de 0,2 a 10 milijoules. As poeiras necessitam de 20 a 50 vezes mais energia que os gases.

Como a temperatura e a fonte de ignição necessária para explodir poeiras são muito mais baixas que as produzidas pela maior parte das fontes de ignição comuns, a eliminação de todas as fontes é um princípio básico na prevenção de acidentes por explosão. Estas fontes estão identificadas e descritas nas normas National Fire Protection Association (NFPA).

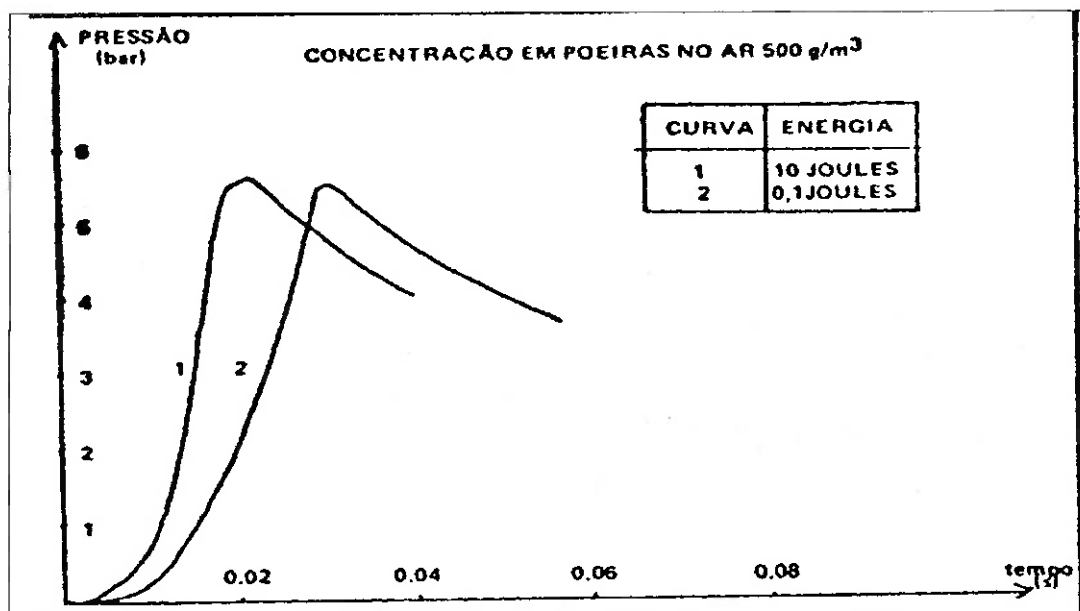


Figura 7– Influência da energia da ignição sobre os efeitos de uma explosão (Fonte: CALÇA, 2005, p.71).

A figura 7 demonstra o aumento da pressão da explosão com o aumento da energia de ignição.

2.8.7 – Destrutividade das Explosões de poeiras

Embora a destrutividade das explosões de poeiras, depende fundamentalmente da **Vmp.**, intervêm outros fatores como a pressão máxima desenvolvida durante a sobrepressão, o grau de confinamento do volume da explosão e a concentração de oxigênio.

2.8.8 – Efeitos da Velocidade de Aumento de Pressão

A **Vmp.** pode definir-se como a relação entre o aumento de pressão de explosão e o período de tempo em que sucede. É o fator mais importante para avaliar os riscos de uma poeira e determinar a gravidade da sua deflagração.

Também é importante como dado para calcular as dimensões dos elementos de ventilação para casos de explosão. Uma **Vmp.** (velocidade máxima de aumento de pressão) demasiado alta indica com frequência que a instalação dos elementos de ventilação são ineficientes. Os dados empíricos de **ge.** (gravidade de explosão) são indicadores de grande valor na análise do projeto. Índices entre 2 e 4 necessitam elementos de ventilação muito grandes, além de cuidar da resistência do edifício e dos equipamentos das máquinas. Um índice maior que quatro exclui na maioria dos casos a possibilidade de projetar-se um sistema de alívio de explosões, e exige o emprego de dispositivos de proteção com o emprego de gases inertes e outros sistemas de supressão de explosões.

2.8.9 – Efeitos de Pressão Máxima de Explosão

As pressões geradas em uma explosão de pó são em grande parte maiores que $3,5 \text{ kg/cm}^2$ e em alguns casos chegam a 7 kg/cm^2 . Considerando que uma parede comum é calculada para resistir pressões de $0,07 \text{ kg/cm}^2$, fica evidente que não seria prático construir edifícios que pudessem resistir a tais fenômenos.

Uma das razões pelas quais o grau de destruição de muitas explosões de pó não chega a ser maior é que o pó não está disperso uniformemente através do volume

circundante. Raras vezes se incendeia uma nuvem de pó em condições ideais para a formação de pressões observadas empiricamente.

2.8.10 – Efeitos de Duração da Sobrepressão

O tempo durante o qual atua a sobrepressão sobre o espaço circundante está intimamente relacionado com a pressão máxima e com a velocidade máxima de aumento de pressão. A área que fica abaixo da curva de pressão – tempo determina o impulso total exercido. O impulso total, não a força exercida em um dado momento, que determina a grandeza da destruição. A relação entre a destrutividade e o impulso total demonstra em parte porque as explosões de pó, que em geral tem velocidades de aumento de pressão mais baixas que as explosões de gases, podem ser mais destrutivas.

2.8.11 – Efeitos do Confinamento

Quando se produz uma explosão de pó, formam-se produtos gasosos e libera calor que faz aumentar a temperatura do ar contido no recinto. Como os gases expandem-se ao aquecerem, exercem pressões destrutivas no espaço circundante, a não ser que se proporcionem áreas de alívio suficientes para evacuar os gases quentes antes que atinjam níveis de pressão perigosos.

Desta forma um sistema de alívio adequado deve ser previsto para aliviar os gases formados no início, evitando danos maiores. Em algumas situações não resulta a prática destas medidas aconselhando a processar estas operações em ambientes abertos, atmosferas inertes ou de supressores automáticos. Os supressores consistem em um sistema formado por detectores de pressão ou de chamas e um agente extintor que deve atuar rapidamente na fase incipiente de explosão.

2.8.12 – Efeitos da Inertização

Os ensaios levantados indicam que a redução do O_2 na atmosfera de trabalho e uma mistura de poeira inerte ou umidificação no pó combustível reduzem a P_{mp} , e a V_{mp} .

2.9 – Medidas de Prevenção e Proteção

Medidas de prevenção e proteção devem ser adotadas para se evitar as explosões de pó, objetivando impedir a ocorrência da explosão no caso da prevenção e mitigar os danos causados pela explosão no caso da proteção.

Sá (1998), afirma que não pode ser feita uma generalização de métodos de prevenção e proteção em relação ao risco de explosão, porque a mesma dependerá das propriedades da poeira, tipo de projeto, planta industrial, equipamentos existentes, riscos de instalações vizinhas, e valor do equipamento em risco.

2.9.1 – Medidas de Prevenção

As medidas de prevenção visam eliminar um dos elementos do triângulo do fogo, pois se uma das três condições for eliminada a explosão não pode ocorrer.

As ações então são direcionadas conforme abaixo:

- Sobre o material;
- Sobre a atmosfera;
- Sobre as fontes de ignição.

2.9.1.1 – Ações sobre o material

O foco destas ações está em eliminar a presença de pós em níveis de risco a desencadear uma explosão ou mesmo um incêndio. A seguir serão expostas algumas ações para alcançar este objetivo.

2.9.1.1.1 – Cuidados na concepção do projeto das instalações e equipamentos

Calça (2005) cita alguns importantes requisitos na concepção de um projeto para evitar a formação de nuvens e depósitos suscetíveis de serem dispersos, dando origem a nuvens inflamáveis:

- Estruturas insensíveis às vibrações;
- Solos e pisos lisos e nivelados;
- Evitar ângulos mortos e cantos;
- Supressão ou redução dos pontos de emissão de pós;
- Estanqueidade dos equipamentos onde são formados ou tratados materiais pulverulentos.

2.9.1.1.2 – Limpeza

A qualidade do produto a ser armazenado também influi na existência ou não de risco de explosão, pois um cereal que passou por máquinas de limpeza desreguladas levará para dentro do silo a poeira e sujeira que não foi devidamente retirada nos processos de limpeza.

É de extrema importância realizar uma eficiente limpeza do pó que se deposita nas estruturas, pisos e equipamentos da planta industrial. Deve-se dar atenção à eliminação completa das poeiras dos edifícios que compõem a planta industrial, pois as explosões secundárias nos prédios vizinhos são potencialmente mais destruidoras.

A maneira mais recomendada de realizar a limpeza é utilizando sistema de aspiradores de pó, quando não for possível deve-se utilizar uma simples vassoura, não é aconselhável a utilização de ar comprimido para limpeza das instalações e equipamentos, pois este procedimento causa a suspensão da poeira no ar, favorecendo a explosão de pó.

2.9.1.1.3 – Sistemas de Captação de Pó.

O sistema de captação de pó tem como finalidade evitar a formação do pó, controlando sua geração e instalando sistemas de aspiração que coletam o pó de cada ponto de geração que levam a filtros de manga. Os ciclones são sistemas de pouca eficiência. Ao longo do trajeto dos grãos é importante fazer uso contínuo dos sistemas de captação de pó, como:

- Nos elevadores, próximo à parte inferior, e um ou mais pontos dos dutos e na parte superior, junto ao acionamento;
- Incluir pontos de captação de pó nas correias transportadoras, na calha de carga, no carro de descarga móvel, inclusive na descarga e no chute de descarga, além dos pontos críticos das tubulações de transporte de grãos;
- Nos demais transportadores como nos redlers, roscas e fitas tomar medidas semelhantes segundo as necessidades;
- Em alguns casos o sistema de aspiração de pó pode ser interligado com o transporte de grãos, assegurando operação simultânea de ciclones e filtros.



Figura 8– Filtro de Mangas tipo pulse-jet, com limpeza automática das mangas através de jatos de ar comprimido, comandadas por um seqüenciador eletrônico. (Fonte – Astral Controle Ambiental)

Componentes Básicos do Filtro de Mangas:

Câmara de filtração, constituída por painéis metálicos modulados
 Moega inferior para escoamento dos resíduos
 Plenum de limpeza com tubos injetores de ar comprimido
 Câmara de entrada de ar + resíduos instalada no topo do silo
 Mangas filtrantes em feltro poliéster agulhado
 Gaiolas em arame galvanizado, com venturi, para fixação das mangas
 Válvulas solenóides, que permitem a passagem de ar comprimido
 Seqüenciador eletrônico para controle da limpeza das mangas
 Escada de acesso tipo marinheiro

2.9.1.1.4 – Aplicação de Óleo Mineral

Hajnal (2003), afirma que modernos sistemas de aplicação de óleo mineral sobre os grãos evitam de forma eficaz a formação de pó, impedindo a contaminação ambiental e assegurando a não geração de pó explosivo em todo o processo.

Segundo Weber (2003), o óleo mineral branco, quando misturado aos grãos, altera as propriedades do pó, favorecendo o aglomeramento entre si e os grãos. Instala-se aspersores de óleo mineral em pontos do sistema de movimentação de grão passíveis de ocorrência de alta concentração de pó, em valores superiores a 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.

A desvantagem desta alternativa é seu alto custo, muitas vezes tornando inviável sua aplicação, fazendo os técnicos e proprietários buscarem soluções alternativas mais baratas.

2.9.1.2 – Ações sobre a atmosfera

Sá (1998), afirma que as explosões de poeiras podem ser prevenidas com o emprego de gases ou poeiras inertes, os quais reduzem a concentração de oxigênio

no interior do prédio de maneira que não haja propagação de chama através da nuvem de pó. Como exemplos do emprego de gases inertes podemos citar CO_2 e N_2 .

As vantagens deste processo é que a explosão poderá ser evitada, a atmosfera inerte pode ser empregada para controle e extinção de incêndios que podem se desenvolver na poeira. Pode ser usado onde o método de ventilação é ineficiente.

Algumas desvantagens: o rígido controle para a manutenção da composição do gás e dos sensores, o custo mais elevado do que para implantação do sistema de ventilação local exaustora.

Devido a desvantagens acima apresentadas este método é muito pouco aplicado.

2.9.1.3 – Ações sobre as fontes de ignição

As ações sobre as fontes de ignição visam evitar e ou eliminar em locais e equipamentos que tenham a presença de poeira combustível. A seguir, algumas práticas para realizar a prevenção de explosões de pó em relação à fonte de ignição.

2.9.1.3.1 – Cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico

Na execução de qualquer trabalho de fogo em locais de presença de pó, tais como a soldagem, utilização de maçarico, lixadeiras, aquecedores, resistência elétrica e outros, é recomendado à utilização de uma permissão de trabalhos perigosos, que tem como finalidade a avaliação dos riscos por pessoa qualificada, que entre outros pontos irá avaliar a condição do ambiente, as ações para eliminar riscos tais como molhar o local com poeira, pois o pó sedimentado não é passível de incêndio e explosão, limpeza do local, desativar equipamentos que geram nuvens de pó, manter extintor ao lado da execução dos trabalhos e principalmente avaliar se as condições levam a ser viável a execução do trabalho sem implicar na existência de risco de explosão ou incêndio. Como as estatísticas demonstram que uma das principais causas de explosões de pó em plantas de cereais, se deve a trabalhos de manutenção com uso de fogo, todos os cuidados em relação a procedimentos bem elaborados e

equipes bem treinadas são de extrema importância para prevenção de ocorrências indesejadas de explosões de pó.

2.9.1.3.2 – Falhas mecânicas

Segundo Hajnal (2003), as falhas mecânicas como temperaturas de mancais, escorregamento e desalinhamento de correia se controlam a partir das instalações de adequados sensores eletrônicos que conectados a um sistema de alarme, que pode fazer parar todos os transportes da instalação, os mais comuns utilizados são os sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução.

As correias de transmissão devem estar sempre bem esticadas para evitar o atrito entre a correia e a polia motora, que gera aquecimento com possibilidade de queima e início de incêndio.

Outro importante equipamento para evitar a geração de faísca e fagulha mecânicas é a utilização de separadores de metais no processo para tiragem de corpos estranhos metálicos que ao passarem nos transportadores e equipamentos como moinhos, quebradores, laminadores e outros podem gerar fontes de ignição.

Tendo em vista os riscos de explosão devido às fagulhas, recomenda-se o uso de canecas plásticas para elevadores; além de trazer outras vantagens, serve como agente antiestático. Na aquisição de equipamentos novos, preferir elevadores de caneca de material plástico (poliuretano, nylon, ou outro).

Cuidados na lubrificação dos equipamentos com um plano definindo frequência e quantidade a serem aplicadas nos equipamentos é de fundamental importância para evitar a geração de calor mecânico por parte móveis dos equipamentos.

Silva (1999), afirma que uma forma de prevenção em relação a faíscas ou fagulhas em componentes mecânicos é a utilização de pás plásticas em transportadores de correntes.

2.9.1.3.3 – Falhas elétricas

Calça (2005), coloca que os equipamentos elétricos situados em áreas onde haja pó devem estar de acordo com a classificação desta área.

Área classificada é aquela em que possam existir produtos ou misturas inflamáveis capazes de produzir explosão. Deve se considerar os produtos em si, a operação. O processo, o manuseio, a estocagem, particulares a área em estudo. Aplica-se então a norma Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR.

O risco (calor, faísca) apresentado por motores, disjuntores, painéis elétricos, lâmpadas, tomadas, fiação, etc. deve ser totalmente eliminado, seguindo-se rigorosamente a norma citada.

Não deve ser permitido o acúmulo de camadas de pó na superfície de equipamento elétrico. Os painéis elétricos devem ser pressurizados ou estanques.

As luminárias devem sempre estar com o invólucro de vidro, não deve ser permitido o uso de fiações expostas, o uso de ferramentas elétricas só deve ser permitido com as tomadas, nunca utilizar extensões com emendas, não deixar caixas de passagem abertas e manter as canaletas de cabos elétricos fechadas e sempre livres de pó.

2.9.1.3.4 – Eletricidade Estática

Calça (2005) afirma que, as faíscas desta origem, de modo geral não são diretamente perigosas para os materiais pulverulentos, pois a energia de ignição destes é da ordem de 10mJ.

As ignições de poeiras são geralmente provocadas pelo acúmulo de energia eletrostática sobre um corpo condutor isolado da terra e ao contato com as poeiras em movimento ao longo do processo normal de trabalho. Assim a precaução adequada é evitar o acúmulo de carga estática.

Assim os equipamentos devem estar aterrados e interligados para garantir sua equipotencialidade e devem ser verificadas regularmente as condutividades elétricas das ligações entre os equipamentos e a terra.

2.9.1.3.5 – Manutenção

Sá (1998), afirma que os trabalhos de manutenção deverão sempre obedecer ao sistema preventivo, onde nas paradas é que são efetuados os trabalhos de trocas de componentes sujeitos a desgaste ou de vida útil definida.

A necessidade de um bom programa de manutenção eletro-mecânico para as indústrias leva a prevenção de uma série de riscos, uma boa inspeção de rota e a manutenção preditiva levam a, por exemplo, evitar geração de faíscas por roletes truncados e quebras de rolamentos. Um plano de lubrificação também se faz necessário, a parte elétrica deve receber revisão periódica.

2.9.1.3.6 – Ignição Espontânea

Calça (2005) atribui as poeiras à propriedade de serem passíveis ao aquecimento espontâneo. Cantos mortos em transportadores e outros equipamentos podem dar a oportunidade para o acúmulo dos pós por longos períodos de tempo e seu subsequente auto aquecimento. Os acúmulos podem ser evitados através de atenção especial ao projeto e limpeza freqüente.

2.9.1.4 – Treinamento

O treinamento e a conscientização de todos os funcionários quanto aos potenciais riscos de explosões e aplicação de métodos de prevenção é de fundamental importância para o sucesso da mitigação de riscos e perigo de uma explosão de pó.

O conhecimento por parte dos funcionários dos procedimentos e normas internas em relação à segurança operacional e também uma integração bem elaborada para os novos colaboradores são medidas importantes de prevenção.

A proibição da prática de fumo em ambientes classificados como atmosferas explosivas tem que ser aplicado de forma ampla, pois até motoristas devem respeitar esta proibição.

Algumas empresas utilizam um sistema que simula uma explosão de pó, este tipo de treinamento faz com que o risco fique mais aparente e a assimilação dos funcionários é bem maior.

Os treinamentos devem ter sua frequência respeitada por isso é importante a área de recursos humanos possuir um bom plano de treinamento e monitorar com frequência sua execução.

2.9.2 – Medidas de Proteção

Para Rezende (2005), as medidas de proteção têm o objetivo de minimizar os danos causados por uma explosão de pó, caso as medidas de prevenção não tenham impedido a explosão por ineficácia ou inexistência.

2.9.2.1 – Super dimensionamento

Segundo Sá (1998), face ao alto custo inicial e às periódicas manutenções exigidas por um superdimensionamento estrutural e dos equipamentos, esse método somente é recomendável em situações onde outros métodos alternativos não são interessantes, pela localização particular de certas unidades.

Calça (2005) propõe como uma das medidas de proteção à construção de equipamentos com resistência suficiente para suportar uma explosão, mas este método é limitado já que a maior parte dos equipamentos não são projetados para suportar pressões superiores a $0,2 \text{ kgf/cm}^2$ e as pressões em uma explosão chegam à cerca de 7 kgf/cm^2 .

Equipamentos resistentes a choque de pressão são normalmente operados a pressão ambiente e, na maioria dos casos, podem ser reutilizados após uma explosão mesmo sem reparo. Tais equipamentos são projetados para que se ocorrer uma explosão no seu interior ele não se rompa, mesmo que fique com deformação permanente em algumas partes. Assim as pessoas que trabalham com este equipamento ficam protegidas.

2.9.2.2 – Isolamento, ou segregação do risco de explosão.

O layout de uma unidade deve ser estudado de modo que a explosão de um equipamento não danifique outras unidades levando a ferir as pessoas.

Calça (2005), afirma que o método mais simples e provavelmente mais eficaz é construí-la ao ar livre. O seu controle pode ser feito por uma sala de controle separada. Quando não se puder localizar o processo perigoso ao ar livre, uma opção pode ser enclausurá-lo com paredes á prova de explosão.

Baseado na experiência verificada por acidentes ocorridos em várias partes do planeta, é importante se evitar a adoção de sistemas construtivos que induzem à formação de ambientes confinados e transferência de riscos de explosão a outros setores como a utilização de torres de concreto com sequência de silos verticais de estocagens interligados e no seu interior a presença de elevadores de canecas.

Sempre que possível instalar os equipamentos de transporte horizontal em posição inclinada, de forma a acumular menos pó em suas superfícies. (PÓ MORTAL, [entre 1970 e 1980]).

A compartimentação de armazéns de grandes dimensões ou entre armazéns contíguos, com paredes e tetos corta-fogo e/ou ainda guardando-se as devidas distâncias um do outro para correto dimensionamento desta distâncias pode ser utilizado softwares como o alemão Winvent da Kuhner Safety (isto válido também para as construções com outras finalidades no pátio industrial), constitui uma das mais importantes medidas de prevenção de sinistros de incêndio e, conseqüentemente, de acidentes por explosão de pó. Define-se um setor de incêndio como sendo à parte de um edifício ou grupo de edifícios que estão separados por paredes e/ou pisos resistentes ao fogo. Tanto a área do setor de incêndios como o tempo de resistência ao fogo de seus elementos compartimentadores, assim como a estabilidade ao fogo da estrutura de sustentação e sustentada, dependem do nível de risco do armazém.

2.9.2.3 – Subdividindo uma planta

Calça (2005), conclui que esta providencia tem como finalidade impedir a propagação de uma explosão num equipamento ou parte da planta para as demais partes. Abaixo são citados alguns dispositivos utilizados para cumprir a função de isolamento:

- Válvulas rotativas;
- Reservatórios isolados;
- Barreira extintora;
- Válvula de fechamento rápido (tipo gaveta ou borboleta);
- Válvula de fechamento rápido (tipo flutuador);
- Rosca transportadora;
- Dutos de extração de pós separadores;
- Dispensor de explosão.

2.9.2.4 – Sistemas de alívio.

Os sistemas de alívio não impedem a explosão, mas seu projeto visa minimizar o dano devido ao alívio da pressão desenvolvida durante a explosão.

Segundo Weber (2003), o projeto de edificações, estruturalmente, contempla áreas de fácil ruptura, assim, caso ocorram explosões, isto minimizará danos ao resto da edificação, pois os gases em expansão serão lançados para a atmosfera.

Sá (1998), afirma que devido as pressões desenvolvidas em uma explosão de pó chegando a cerca de 7 kgf/cm^2 o recinto fabril deve ter telhados, aberturas, portas e outros itens de resistência inferior às da construção, sob pena de haver perdas totais em eventos de explosão por pó.

Houve então necessidade, neste trabalho de pesquisa, deste embasamento teórico, com a revisão de literatura, para melhor desenvolver o estudo de caso proposto a seguir.

3 – METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa envolve um estudo de caso. Que foi realizado utilizando a metodologia de pesquisa de campo, através de entrevistas a engenheiros, técnicos de segurança, operadores e pessoal do RH no total foram entrevistados sessenta e duas pessoas nas quatro unidades, e, sendo complementado com visitas às plantas industriais que fazem parte da pesquisa. Na realização do trabalho algumas etapas foram consideradas:

- Como primeiro passo, baseado na revisão da literatura e na experiência vivida em cerca de dez anos de atuação profissional como engenheiro e gerente industrial, em indústrias de extração de óleo vegetal, foi formulado um check-list para verificação de atendimento as medidas de prevenção e de proteção levantadas como viáveis e primordiais, para segurança operacional em relação a explosões de pó neste tipo de indústrias.
- Posteriormente estas medidas foram separadas em módulos e distribuídos pesos a cada um deles, tomando como fundamentação para distribuição da pontuação a revisão da literatura e as estatísticas apresentadas, o check-list em questão pode ser consultado no anexo A.
- A elaboração do check-list foi composta por cinco módulos quatro relativos a medidas preventivas e um relativo a medidas de proteção, no caso do módulo dois relativo a medidas preventivas sobre a atmosfera no foi pontuado pois na indústria de processamento de grãos este método ainda não é utilizado.
- O módulo um levanta a performance em relação a medidas preventivas sobre o material e com base nas estatísticas de causas foi pontuado com trinta por cento da pontuação total, em seu conteúdo foram abordados aspectos como cuidados na concepção do projeto, limpeza e sistemas de captação de pó.
- O módulo três levanta a performance em relação a medidas preventivas sobre fontes de ignição e com base nas estatísticas de causas foi pontuado com trinta por cento da pontuação total, em seu conteúdo

foram abordados aspectos como cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico, falhas mecânicas, falhas elétricas, eletricidade estática, manutenção e ignição espontânea.

- O módulo quatro foi incluindo principalmente para focar a fundamental importância do treinamento e conscientização na prevenção de explosões de pó agrícola e foi atribuído para este módulo vinte por cento da pontuação total.
- O módulo cinco levanta a performance em relação a medidas de proteção em caso de ocorrência de explosões de pó. Em seu conteúdo foram abordados aspectos como segregação do risco de explosão e sistemas de alívio. Foi atribuído para este módulo vinte por cento da pontuação total.

Em seguida foram realizadas as entrevistas e visitas nas plantas industriais para aplicação do check-list.

A seguir, de posse dos dados (em anexos, no final do trabalho), foi feita uma análise comparativa das plantas industriais em relação às medidas preventivas e de proteção para uma explosão de pó, concluindo assim a pesquisa feita.

3.1 – Caracterizações das plantas industriais pesquisadas.

Foram realizadas pesquisas de campo em quatro plantas industriais, todas indústrias de armazenamento e extração de óleos vegetais, das quais três unidades pertencem a um mesmo grupo multinacional com mais de 100 anos de tradição no mercado, as unidades A, B e C. A outra planta industrial pesquisada pertence a um grupo industrial nacional com 60 anos no mercado é a unidade D. Abaixo alguns dados importantes das unidades, para uma avaliação comparativa nos resultados e discussão:

- Unidade A – Iniciou suas atividades no final da década de 70, o grupo multinacional incorporou a unidade de um grupo nacional no final da década de 90. A unidade está situada no sudeste brasileiro.

A unidade possui aproximadamente 320 colaboradores, a unidade de recebimento de soja possui uma área com dois tombadores, distante

aproximadamente 300 metros da torre de secagem e limpeza, este percurso é percorrido através de correias transportadoras enclausuradas em túneis. Os secadores ficam na área externa e as máquinas de limpeza e a maioria dos elevadores estão enclausurados em uma torre de concreto com aproximadamente 30 metros de altura. Os silos de estocagem de soja têm capacidade para 50.000 ton cada um, e a unidade possui dois silos horizontais em “V”. A preparação de soja está em uma área aberta e neste setor existe um silo pulmão de soja com capacidade de 2.000 ton, o silo é cilíndrico e de metal. A moagem de farelo está em um prédio de concreto com uma série de túneis de correias transportadoras. A expedição está situada em uma área aberta e o armazém de farelo tem capacidade para 15.000 ton este armazém é horizontal e tem fundo plano.

- Unidade B – Iniciou suas atividades no início da década de 90. Está situada no nordeste brasileiro. A unidade possui aproximadamente 350 colaboradores, a área de recebimento possui cinco tombadores situados em duas áreas distintas, cada área possui máquinas de pré limpeza e secadores individuais, as duas áreas estão situadas em áreas abertas. A capacidade de estocagem da unidade é de 400.000 ton de soja dividida em três armazéns de fundo “V” com capacidade 100.000 ton cada, existem mais cinco silo cilíndricos e metálicos com capacidade de 20.000 ton cada. Existem duas preparações de soja ambas situadas em áreas abertas, a moagem de farelo fica situada junto as preparações e a expedição de farelo é realizada próximo ao armazém de farelo em uma área aberta. O armazém tem capacidade de 30.000 ton em fundo plano.
- Unidade C – Iniciou suas atividades no início do atual século. Está situada também no nordeste brasileiro.
A unidade possui aproximadamente 110 colaboradores, possuem um layout diferenciado com a área de recebimento, estocagem de farelo e

expedição separadas em uma área distante da área produtiva, o setor de recebimento de soja possui um tombador, secadores e máquinas de pré limpeza em uma área aberta, sua capacidade de estocagem de soja é de 100.000 ton. A preparação de soja está situada em uma área aberta onde também está situada a moagem de farelo. O armazém de farelo é horizontal em fundo “V” e tem capacidade para 50.000 ton, a expedição está situada próximo ao armazém em uma área aberta.

- Unidade D – Iniciou suas atividades no final da década de 70, foi adquirida a poucos anos de um grupo nacional. Está situada no sul do Brasil.

A unidade possui aproximadamente 200 colaboradores, o setor de recebimento possui dois tombadores, os secadores e máquinas de pré limpeza estão situadas próximas aos tombadores em uma área aberta. A capacidade de estocagem é de 120.000 ton sendo que existem dois armazéns horizontais em fundo “V” com capacidade de 50.000 ton cada e um silo de 20.000 ton todo construído em concreto que está situado junto a área de operação do recebimento. A preparação está situada em um prédio de concreto de aproximadamente dez metros de altura, a moagem de farelo está situada em outro prédio de concreto com aproximados dez metros de altura. A expedição de farelo está situada a pelo menos 500 metros do armazém de farelo, sendo este percurso percorrido 200 metros por túneis com correia transportadora e o restante por fitas aéreas. A área da expedição é aberta, o armazém de farelo é horizontal em fundo plano e tem capacidade de 12.000 ton.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Para análise dos gráficos deste capítulo foi utilizada a tabela 4:

Tabela 4 – Classificação performance

Percentual obtido (%)	Análise de performance
0 a 49%	Insatisfatória
50 a 69%	Regular
70 a 79%	Satisfatória
80 a 89%	Boa
90 a 100%	Muito boa

4.1 – Análise da performance média das unidades industriais

O gráfico 1 mostra a performance de prevenção e proteção média das unidades industriais pesquisadas em relação aos riscos de uma explosão de pó. Com os resultados podemos perceber que em relação a treinamento e conscientização os resultados foram muito bons, no caso de medidas preventivas sobre as fontes de ignição e medidas de proteção o resultado foi satisfatório e as medidas preventivas sobre o material, o resultado foi regular, sendo o principal ponto a ser focado em relação a investimentos e ações corretivas.



Gráfico 1 – Análise de performance da média das unidades industriais pesquisadas em relação a medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.

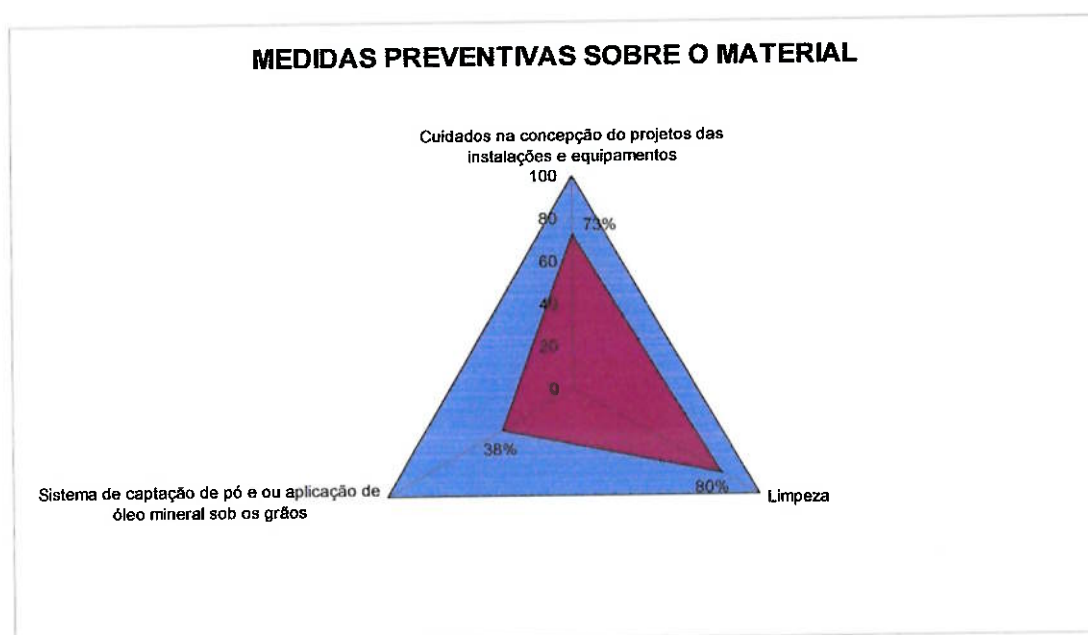


Gráfico 2 – Distribuição do percentual médio de atendimento as medidas preventivas sobre o material das unidades industriais pesquisadas.

Com as informações obtidas no gráfico 2 que analisa a performance média das unidades em relação as medidas preventivas sobre o material podemos observar que os resultados em relação a limpeza e os cuidados na concepção dos projetos das

instalações e equipamentos são satisfatórios, já em relação aos sistemas de captação de pó o resultado é insatisfatório sendo que deve ser o maior foco de ações de adequações e investimentos das unidades industriais.

A distribuição do percentual médio de atendimento as medidas preventivas sobre a atmosfera das unidades industriais pesquisadas confirmam o que SÁ (1998) atribuía ao fato das desvantagens do emprego deste método resultar em raríssimas utilizações em unidades industriais, neste caso em nenhuma das quatro unidades houve aplicação.

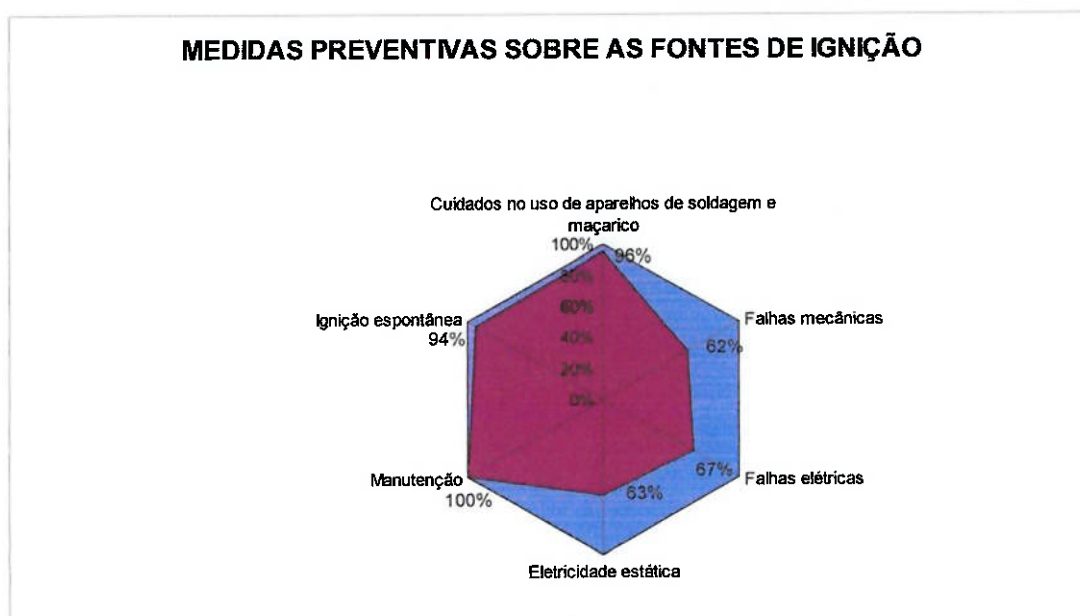


Gráfico 3 – Distribuição do percentual médio de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição das unidades industriais pesquisadas.

Analisando as informações obtidas no gráfico 3 que evidencia a performance média das unidades em relação as medidas preventivas sobre as fontes de ignição, podemos observar que os resultados em relação a manutenção, ignição espontânea e cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico são muito bons; em relação a eletricidade estática o resultado foi regular, sendo a maior ação a ser realizada neste caso, a implantação de um procedimento de medições de eficiência do aterramento com frequência definida. Já os resultados em relação as falhas mecânicas e elétricas são regulares, o que demonstra que neste pontos as unidades industriais pesquisadas tem pontos a serem corrigidos, no caso das falhas mecânicas principalmente na

modernização das instalações com a instalação de sensores de velocidade, obstrução e desalinhamento e migrando para utilização de canecas plásticas nos elevadores de grãos, em se tratando das falhas elétricas o principal ponto de correção é em relação a quantidade de pó acumulada nas superfícies elétricas e na manutenção dos dispositivos elétricos vedados e com suas características originais mantidas.



Gráfico 4 – Distribuição do percentual médio de atendimento a medida preventiva de treinamento e conscientização das unidades industriais pesquisadas.

Os resultados observados no gráfico 4 demonstram um resultado muito bom de treinamento e conscientização em relação a média das unidades industriais pesquisadas, o que é fundamental para mitigação dos riscos de uma explosão de pó, pois colaboradores conscientes e bem treinados podem evitar uma série de atitudes inseguras e colaborar para melhoria contínua da segurança operacional.

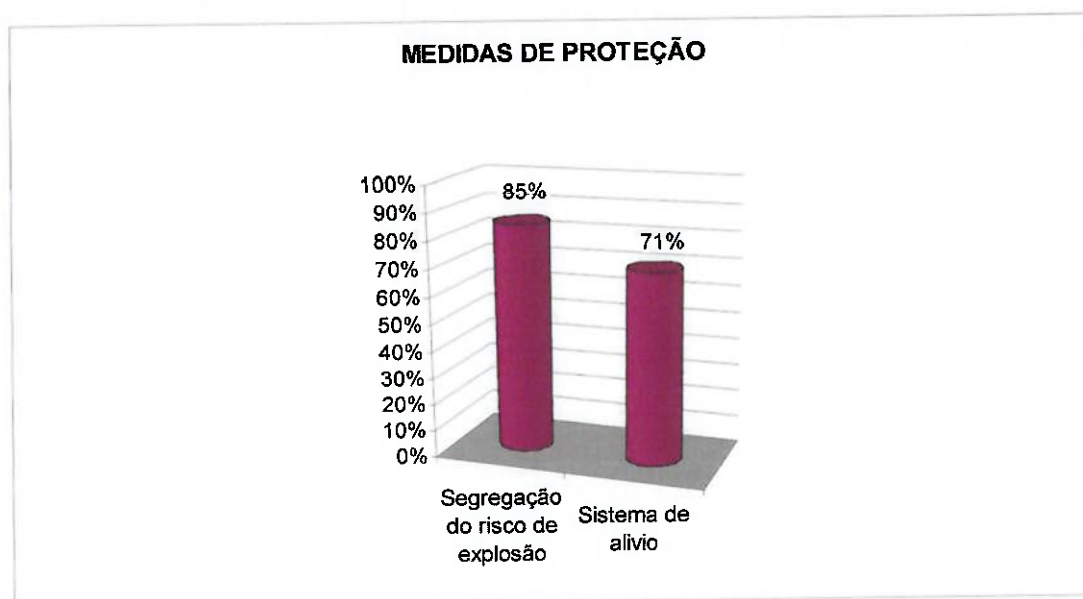


Gráfico 5 – Distribuição do percentual médio de atendimento as medidas de proteção das unidades industriais pesquisadas.

O gráfico 5 demonstra que em relação as medidas de proteção considerando a média das unidades industriais pesquisadas, o maior foco das ações devem ser em sistemas de alívio, pois no caso da segregação do risco de explosão, adequações significam muito investimento, normalmente sendo inviável economicamente para as unidades industriais se manterem competitivas no mercado em que atuam, assim reforça o cuidado na execução de projetos das instalações e equipamentos.

4.2 – Análise da performance da unidade industrial A.

Para consulta da aplicação detalhada do check-list na unidade A consultar o anexo B.

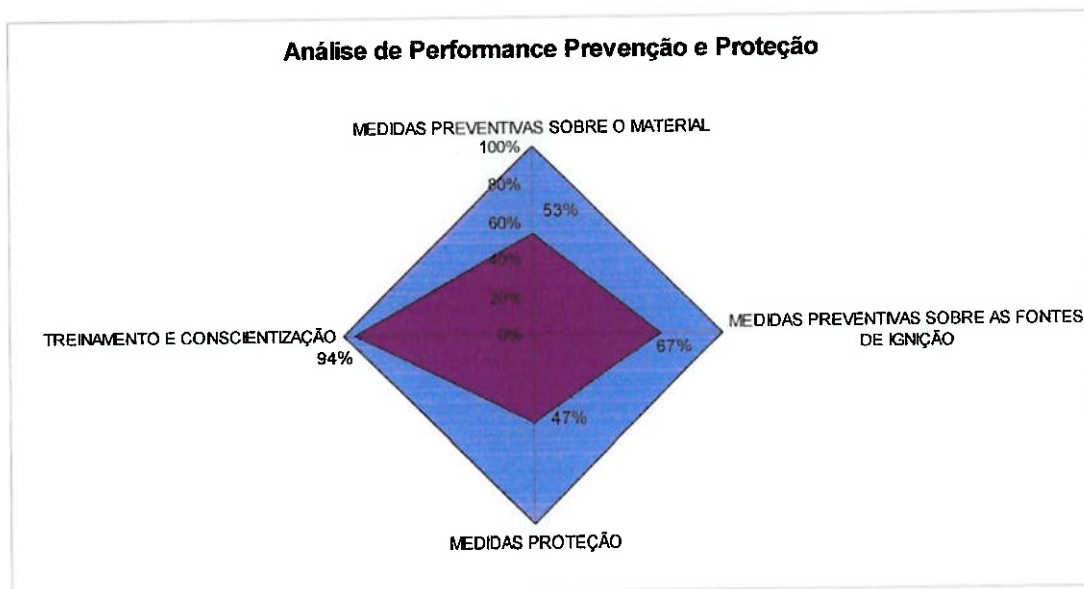


Gráfico 6 – Análise de performance da unidade industrial A em relação a medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.

O gráfico 6 mostra a performance de prevenção e proteção da unidade industrial A pesquisada em relação aos riscos de uma explosão de pó. Com os resultados podemos perceber que em relação a treinamento e conscientização o resultado foi muito bom, no caso de medidas preventivas sobre as fontes de ignição e de material o resultado foi regular e o resultado em relação a medidas de proteção foi insatisfatório. O principal ponto a ser focado, em relação a investimentos e ações corretivas, deve ser em relação as medidas de prevenção sobre fontes de ignição e material, e, no caso das medidas de proteção, em sistemas de alívio.

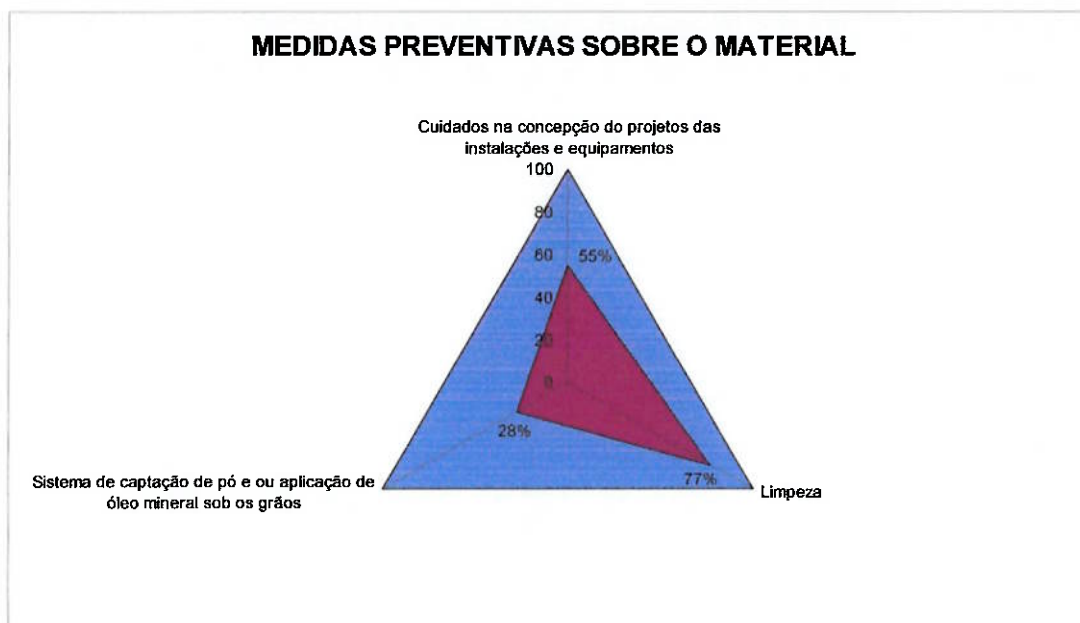


Gráfico 7 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre o material da unidade industrial A.

Analisando o gráfico 7 podemos observar que a limpeza da unidade é satisfatória, os cuidados na concepção dos projetos das instalações e equipamentos estão na faixa de performance regular, sendo que os principais pontos negativos seriam a baixa eficiência das máquinas de limpeza e o lay out do recebimento que favorece a geração de espaços confinados. Evidenciamos também que em relação ao sistema de captação de pó o resultado foi insatisfatório com a maioria absoluta dos equipamentos de risco, sem um sistema de captação de pó eficiente.

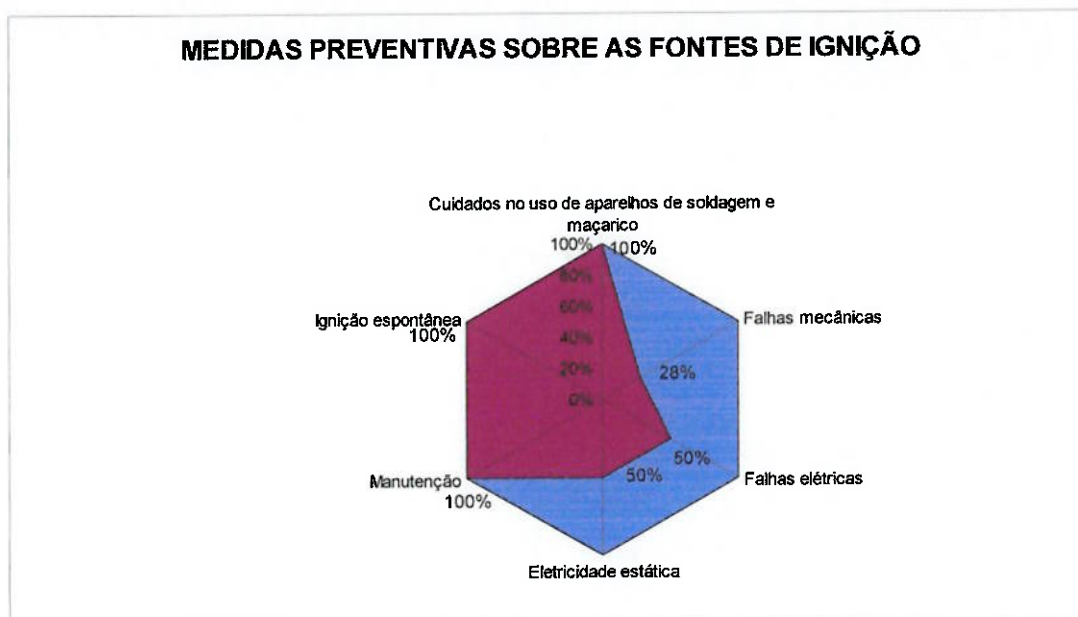


Gráfico 8 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição da unidade industrial A.

Analisando as informações obtidas no gráfico 8 que evidencia a performance da unidade A em relação às medidas preventivas sobre as fontes de ignição podemos observar que os resultados em relação a manutenção, ignição espontânea e cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico são muito bons, já os resultados em relação a falhas mecânicas, elétricas e eletricidade estática são insatisfatórios, o que demonstra que neste ponto a unidade industrial pesquisada tem pontos a serem corrigidos no caso das falhas mecânicas, principalmente na modernização das instalações do recebimento e preparação com a instalação de sensores de velocidade, obstrução e desalinhamento, e, migrando para utilização de canecas plásticas nos elevadores de grãos que ainda não estão adequados. Se tratando das falhas elétricas, o principal ponto de correção é em relação a quantidade de pó acumulada nas superfícies elétricas, no setor de expedição de farelo e na manutenção dos dispositivos elétricos vedados, e, com suas características originais mantidas na área de recebimento e expedição de farelo. Em relação a eletricidade estática é necessário a implementação de um procedimento determinando, uma frequência regular para realizar o procedimento de verificação do aterramento dos equipamentos.

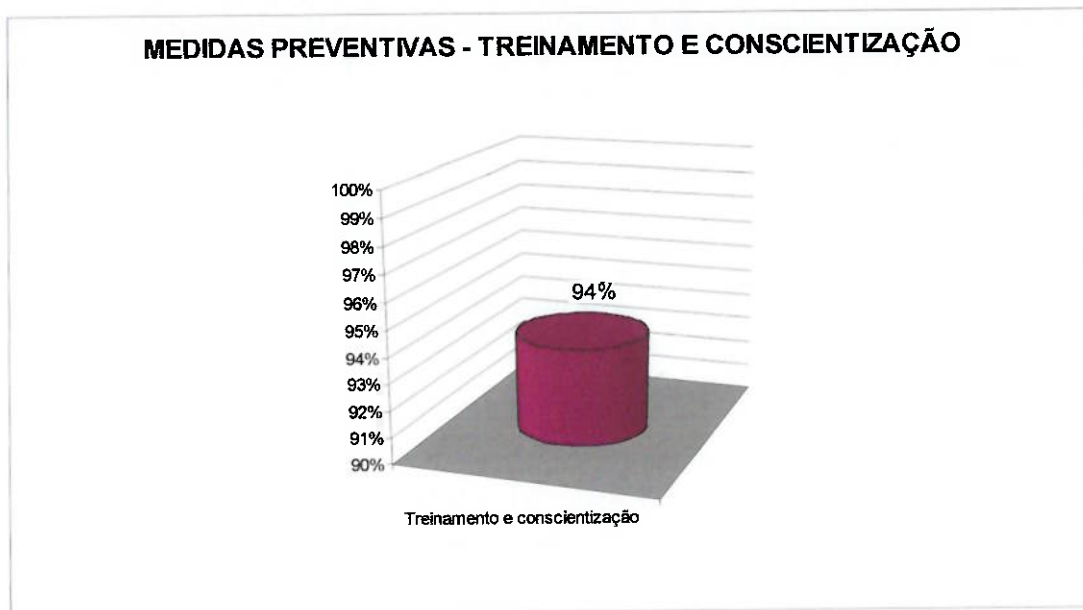


Gráfico 9 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas de treinamento e conscientização da unidade industrial A.

O gráfico 9 evidencia um nível muito bom em relação a treinamento e conscientização da unidade A em relação aos riscos de explosão de pó.



Gráfico 10 – Distribuição do percentual de atendimento das medidas de proteção da unidade industrial A.

De acordo com o gráfico 10 a unidade A teve uma performance satisfatória em relação a segregação do risco de explosão com ressalva ao projeto do recebimento de soja que poderia ter evitado alguns espaços confinados e no caso de sistemas de alívio o resultado foi insatisfatório pois apenas 15% dos elevadores possuem placa de ruptura.

4.3 – Análise da performance da unidade industrial B.

Para consulta da aplicação detalhada do check-list na unidade A consultar o anexo C.

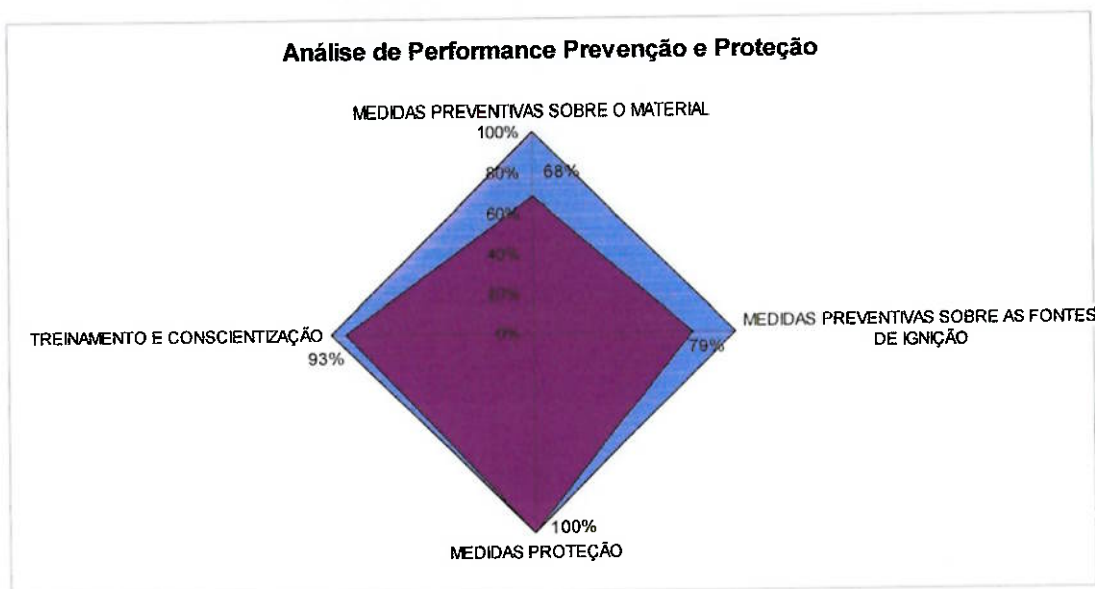


Gráfico 11 – Análise de performance da unidade industrial B em relação a medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.

No gráfico 11 foi possível visualizar que os resultados na unidade B, em relação a medidas de proteção, foram muito bons. A performance de atendimento em treinamento e conscientização também foi muito boa. Já no caso de medidas preventivas sobre as fontes de ignição, o resultado foi satisfatório e a performance de atendimento as medidas preventivas sobre o material foi regular, ou seja, este é o ponto onde a unidade B deve concentrar seus esforços para um melhor gerenciamento dos riscos de explosão de pó.

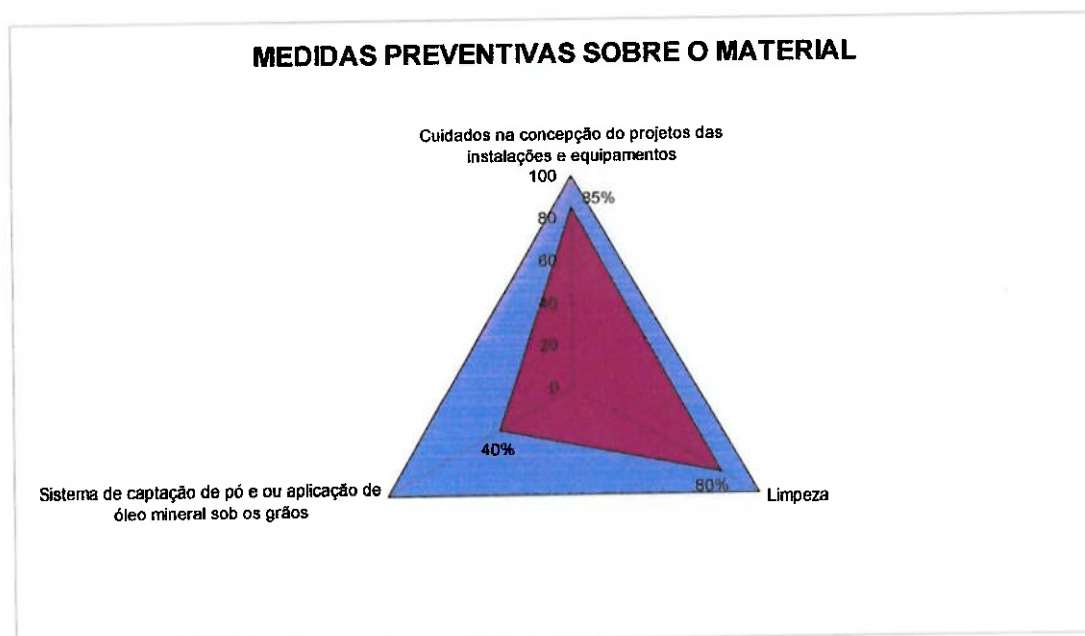


Gráfico 12 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre o material da unidade industrial B.

Analisando o gráfico 12 podemos constatar que a unidade B tem boa performance na limpeza e nos cuidados na concepção dos projetos, das instalações e equipamentos. Mas em relação aos sistemas de captação de pó o resultado foi insatisfatório, devido a falta de sistemas instalados nas moegas e transportadores do recebimento, e, também ao sistema de captação de pó na preparação ter em seu sistema de emissão a atmosfera ciclones ao invés de filtros mangas.

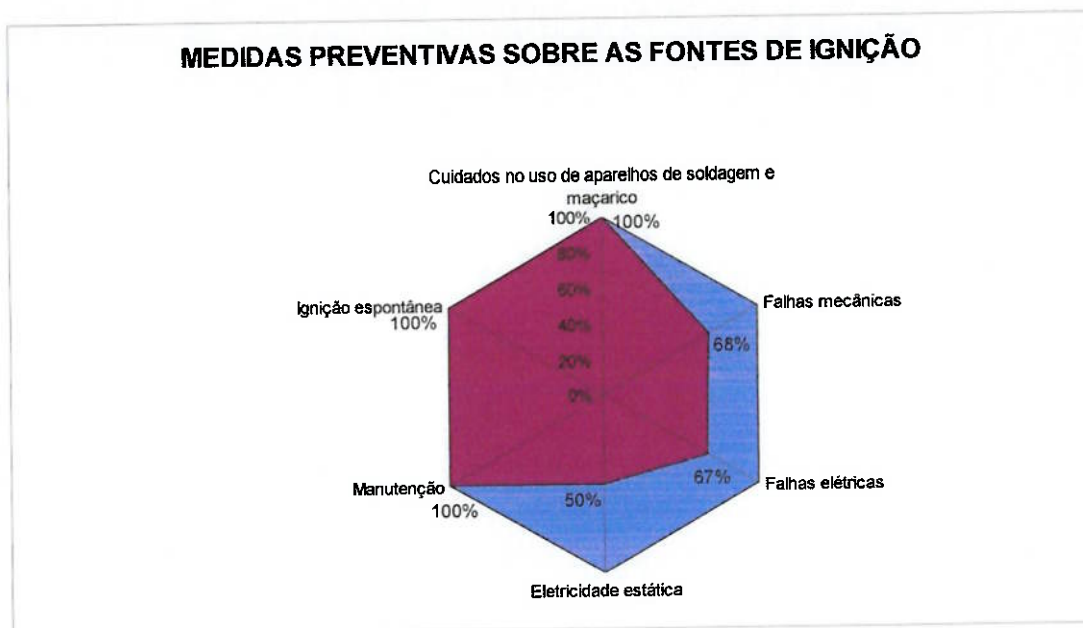


Gráfico 13 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição da unidade industrial B.

O gráfico 13 demonstra resultados muito bons em relação a cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico, ignição espontânea e manutenção. No caso de eletricidade estática, falhas elétricas e mecânicas, os resultados foram regulares.

Os principais pontos a serem melhorados: instalação de separador de metais no recebimento, instalar sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução nos equipamentos que estão inadequados, adequação de proteções em lâmpadas nos túneis da expedição de farelo e recebimento, adequar os painéis elétricos nos setores de recebimento de grãos e expedição de farelo.

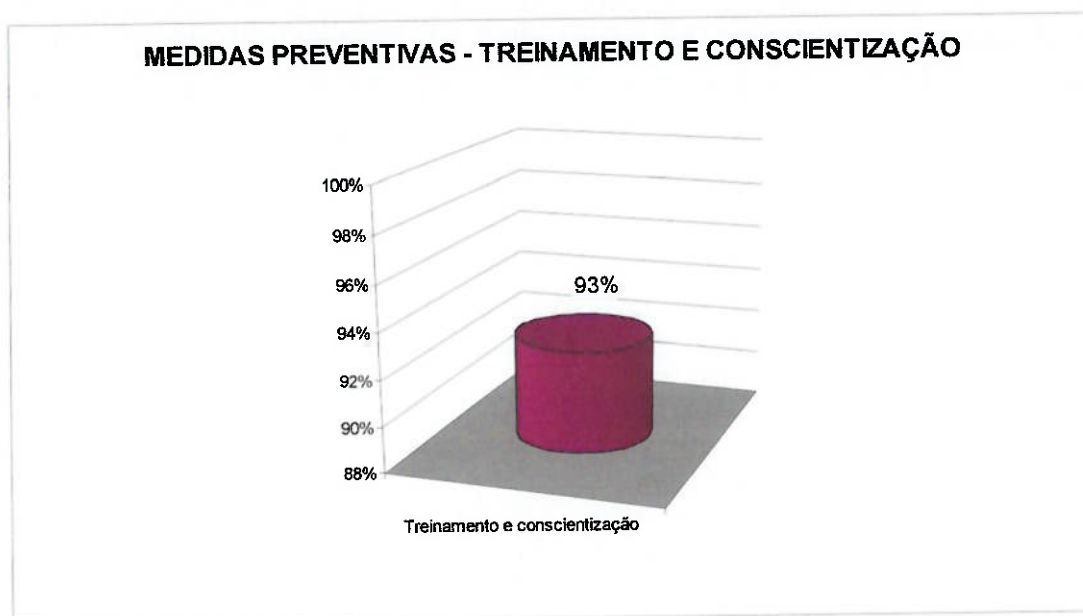


Gráfico 14 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas de treinamento e conscientização da unidade industrial B.

O resultado alcançado na unidade B em relação a treinamento e conscientização sobre explosões de pó foi muito bom, conforme podemos observar no gráfico 14.

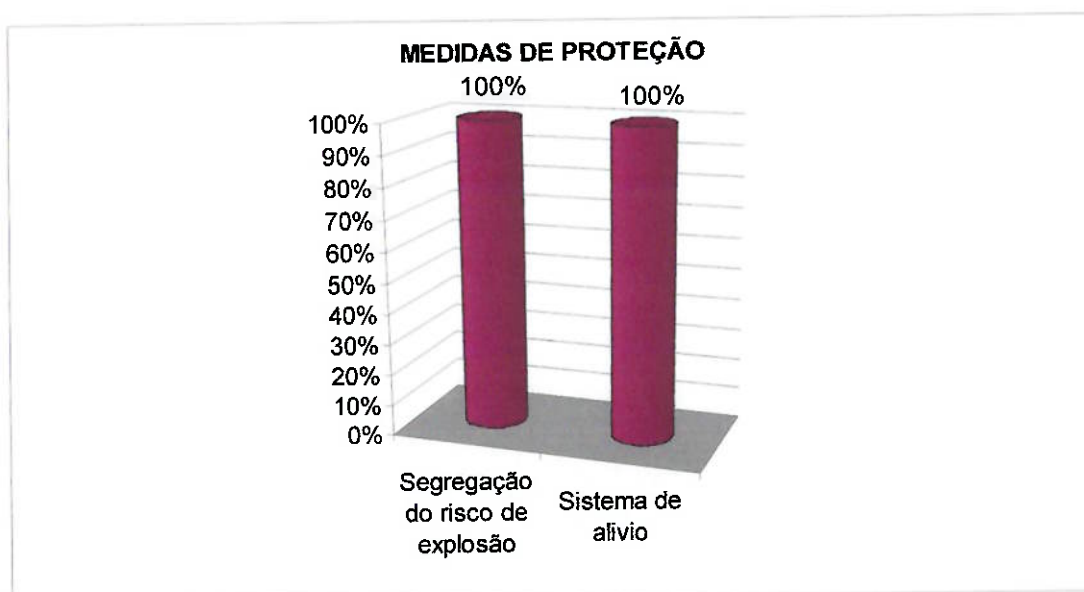


Gráfico 15 – Distribuição do percentual de atendimento das medidas de proteção da unidade industrial B.

O gráfico 15 demonstra que o projeto da unidade B levou em consideração as melhores práticas sobre medidas de proteção, alcançando 100% de performance de atendimento.

4.4 – Análise da performance da unidade industrial C.

Para consulta da aplicação detalhada do check-list na unidade A consultar o anexo D.

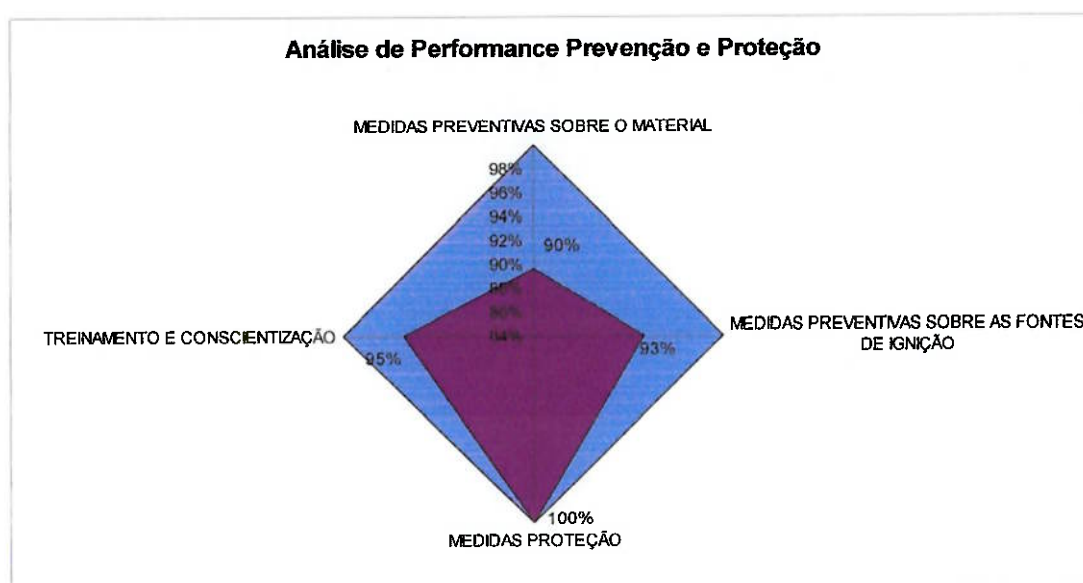


Gráfico 16 – Análise de performance da unidade industrial C em relação a medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.

A performance alcançada pela unidade C em todas as medidas preventivas e de proteção foram muito boas, o que evidencia que o gerenciamento dos riscos em relação à explosão de pó está muito bem controlado, desde os fatores como projeto das instalações, procedimentos e aplicação prática a conscientização e treinamento, todos com nível muito bom de atendimento.

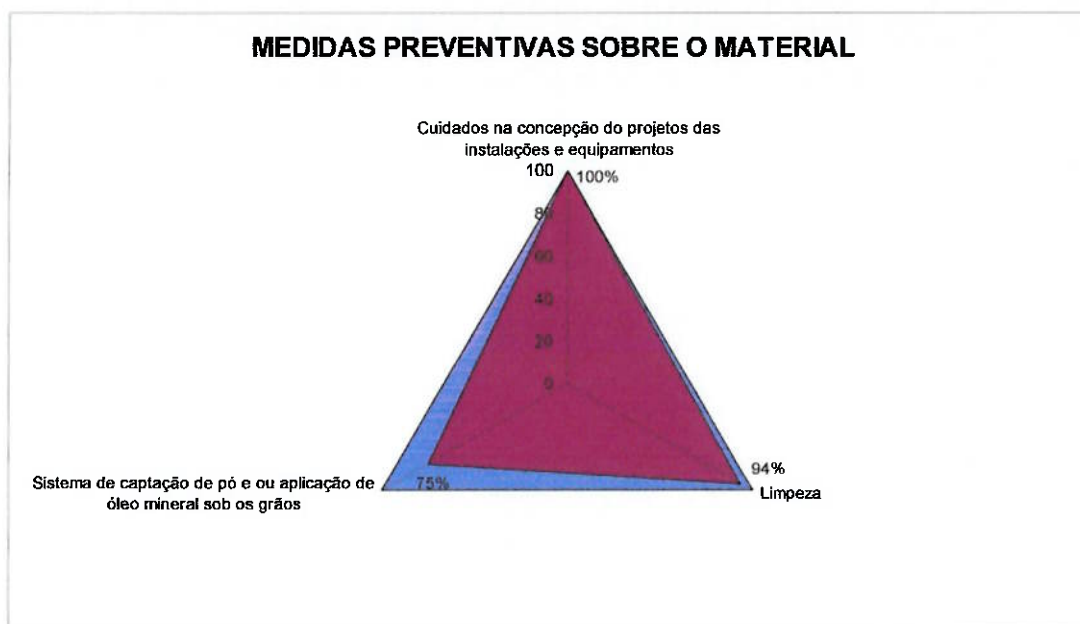


Gráfico 17 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre o material da unidade industrial C.

De acordo com o gráfico 17 o atendimento da unidade C em relação a cuidados na concepção do projeto das instalações e a limpeza, obtiveram performance muito boa, já em relação aos sistemas de captação de pó o resultado foi satisfatório, tendo como principal a não conformidade à falta de sistema de captação de pó nas moegas e em alguns túneis do recebimento de soja.

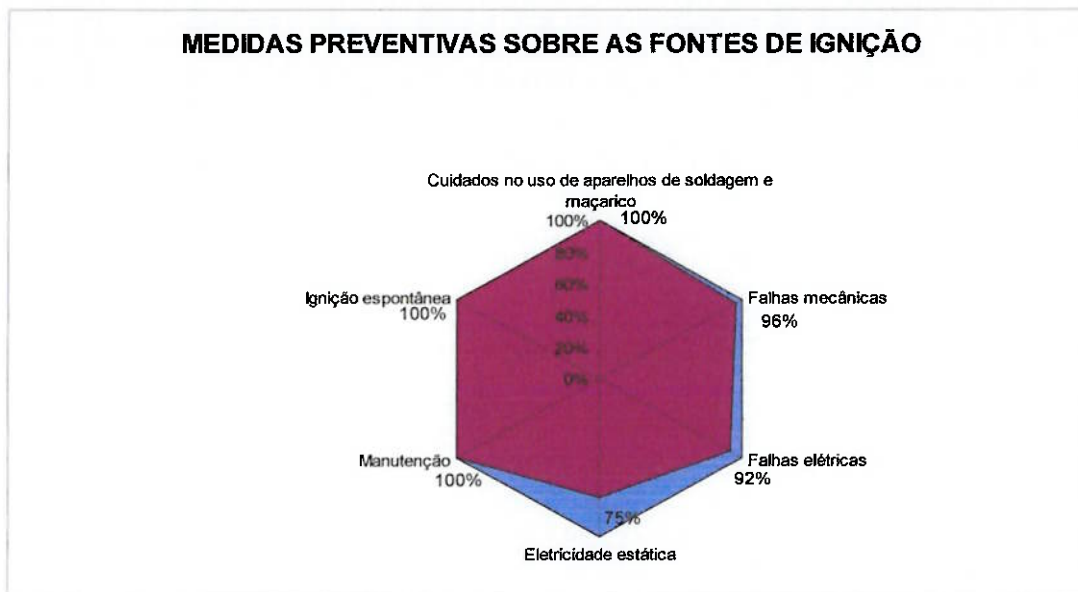


Gráfico 18 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição da unidade industrial C.

Analisando o gráfico 18 evidencia – se que os resultados de atendimento em relação a cuidados na concepção do projeto, ignição espontânea, manutenção, falhas mecânicas e falhas elétricas foram muito bons. No caso de medidas sobre eletricidade estática o resultado foi satisfatório. Alguns pontos a serem verificados são a implementação de um procedimento para medições do aterramento dos equipamentos da unidade C com determinação de uma frequência regular e o painel do recebimento de soja, está inadequado, sem pressurização ou estanque.

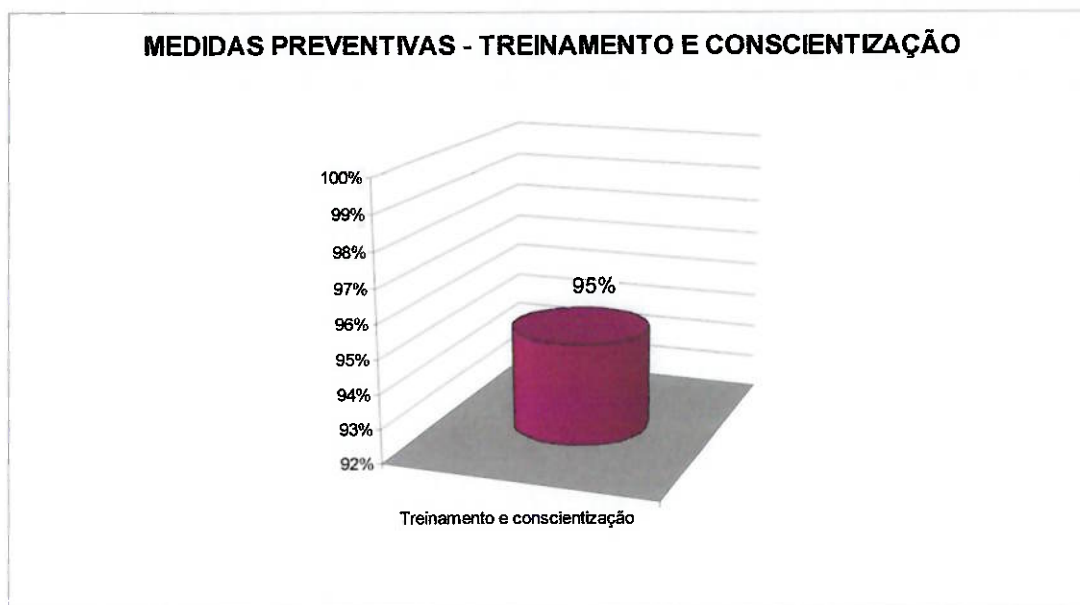


Gráfico 19 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas de treinamento e conscientização da unidade industrial C.

O gráfico 19 evidencia um nível muito bom em relação a treinamento e conscientização da unidade C em relação aos riscos de explosão de pó.



Gráfico 20 – Distribuição do percentual de atendimento das medidas de proteção da unidade industrial C.

O gráfico 20 demonstra que o projeto da unidade C levou em consideração as melhores práticas sobre medidas de proteção, alcançando 100% de performance de atendimento.

4.5 – Análise da performance da unidade industrial D.

Para consulta da aplicação detalhada do check-list na unidade A consultar o anexo E.

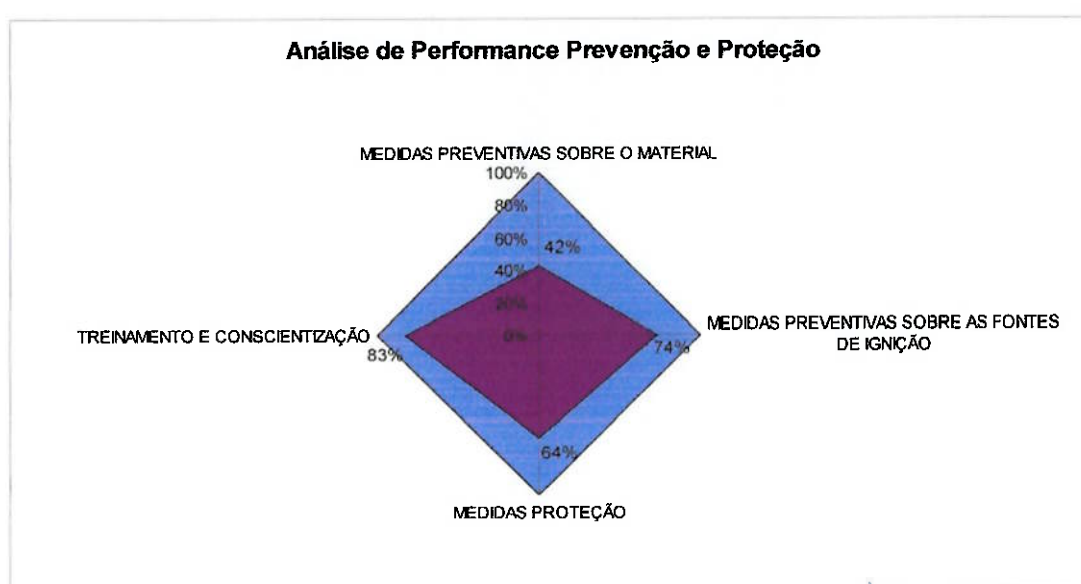


Gráfico 21 – Análise de performance da unidade industrial D em relação a medidas preventivas e de proteção a explosões de pó.

Observando o gráfico 21 visualizamos que o resultado em relação a treinamento e conscientização é bom, já nas medidas preventivas sobre as fontes de ignição a performance de atendimento é satisfatória, as medidas de proteção são regulares e as medidas preventivas sobre o material tem atendimento insatisfatório, sendo o principal ponto a ser tomadas ações corretivas.

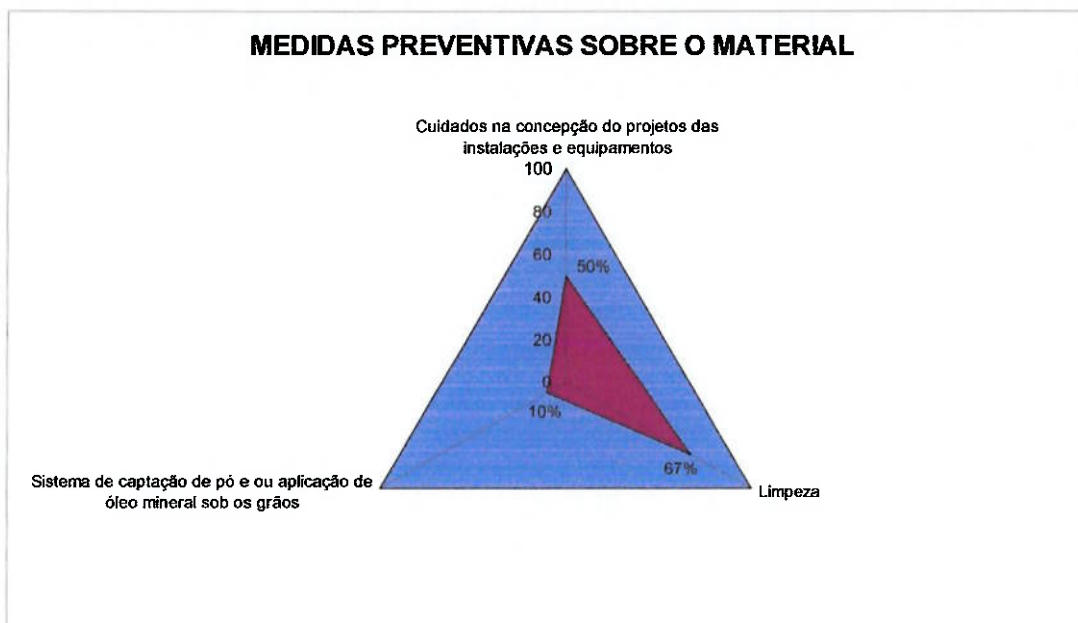


Gráfico 22 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre o material da unidade industrial D.

Conforme observado no gráfico 22 a limpeza na unidade é regular, pois existe muito acumulo de pó no recebimento de grãos, expedição de farelo e preparação da soja. Em relação a cuidados na concepção do projeto e sistema de captação de pó a performance foi insatisfatória, sendo motivo de maior preocupação em relação à prevenção e proteção de explosões de pó, a inexistência de sistema de captação de pó na maioria dos equipamentos da unidade D, o projeto da unidade também não minimizou a geração de espaços confinados e a preparação de soja está enclausurada.

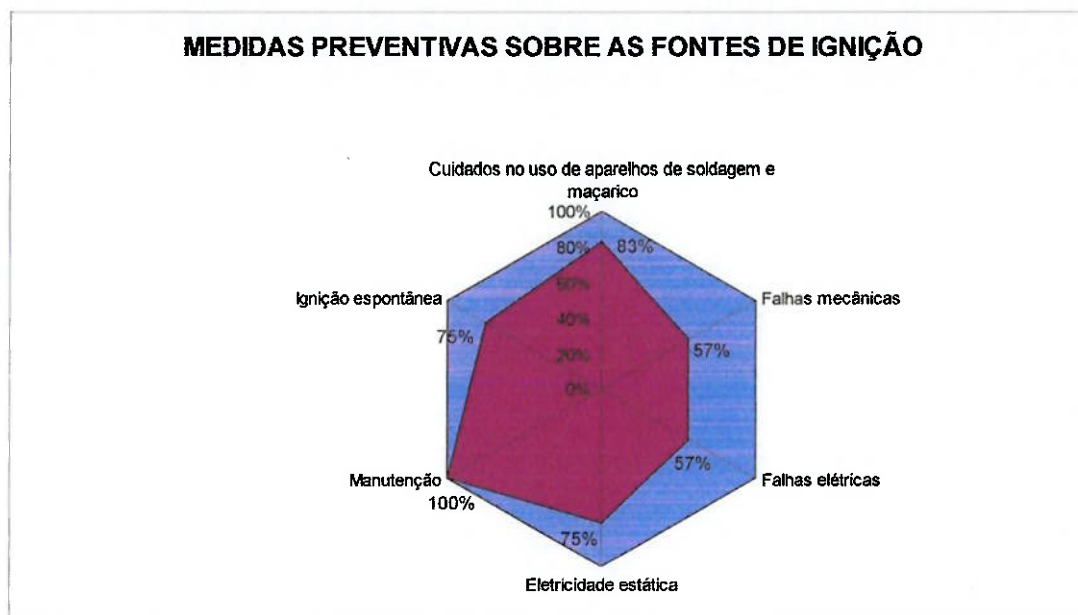


Gráfico 23 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas sobre as fontes de ignição da unidade industrial D.

O gráfico 23 mostra um resultado muito bom em relação à manutenção da unidade D. Sobre os cuidados no uso de aparelhagem de soldagem e maçarico o resultado é bom, quanto à ignição espontânea e eletricidade estática os resultados são satisfatórios. Os pontos a serem melhorados são adequar planos de limpeza dos equipamentos que não estão contemplados e implantar procedimento de medição de aterramento com frequência regular. Sobre falhas mecânicas e elétricas os resultados foram regulares necessitando uma adequação dos equipamentos quanto à instalação de sensores de velocidade, alinhamento e obstrução e a modernização dos elevadores de grão com a substituição de canecas metálicas por material plástico e quanto às falhas elétricas, os painéis do recebimento de grãos e expedição de farelo, estão inadequados com grande acúmulo de pó.



Gráfico 24 – Distribuição do percentual de atendimento as medidas preventivas de treinamento e conscientização da unidade industrial D.

Em relação a treinamento e conscientização o gráfico 24 mostra a unidade D com boa performance de atendimento, sendo a principal recomendação a formalização do plano de treinamento e intensificação de treinamentos, para aumentar conforme amostragem realizada, o percentual de colaboradores que estão conscientes dos riscos de uma explosão de pó.

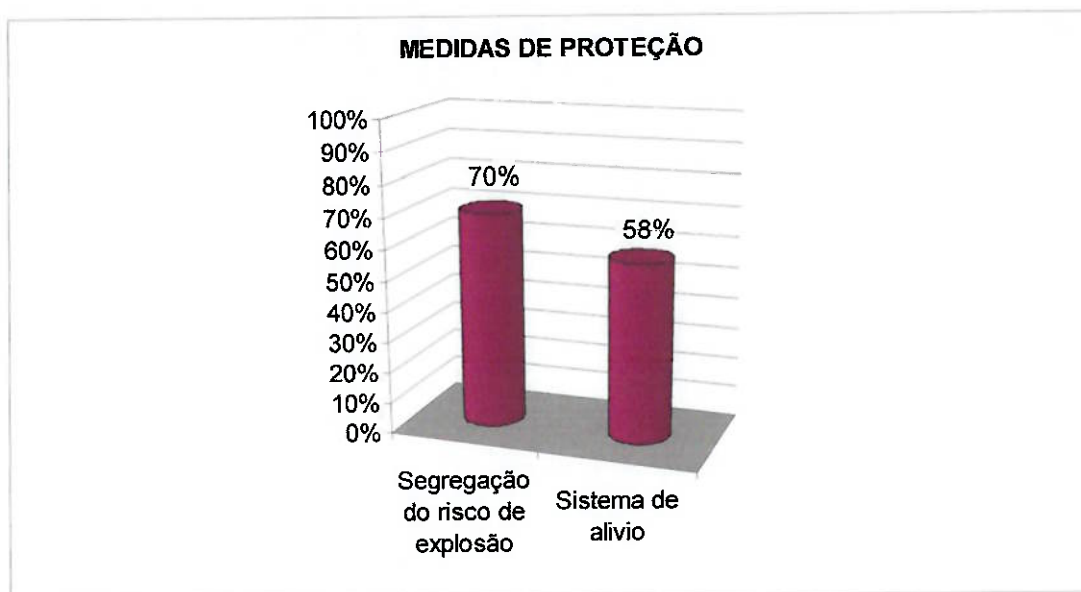


Gráfico 25 – Distribuição do percentual de atendimento das medidas de proteção da unidade industrial D.

Observando o gráfico 25 os resultados de atendimento a segregação do risco de explosão e sistema de alívio são regulares, sendo as principais não conformidades: a escassez de equipamentos com sistemas de alívio e o silo vertical de capacidade de vinte mil toneladas de soja, totalmente construído em concreto ao lado da operação da área de recebimento de soja.

4.6 – Comparativo da performance das unidades industriais.

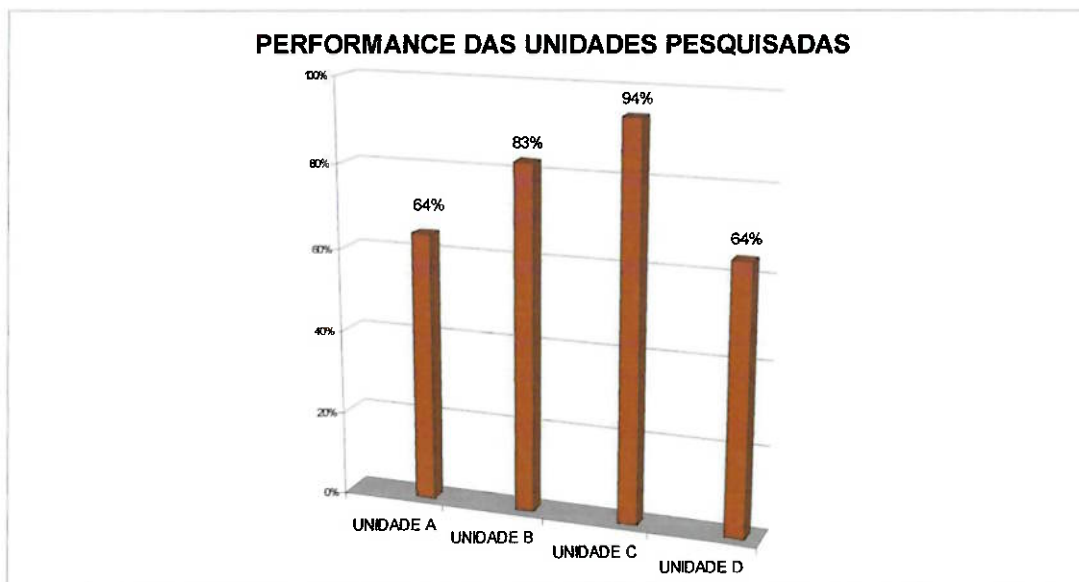


Gráfico 26 – Performance de atendimento das unidades pesquisadas em relação às medidas preventivas e de proteção.

Podemos observar no gráfico 26 que os resultados das unidades A e D foram regulares, a performance da unidade B foi boa e o resultado alcançado pela unidade C foi muito bom. Verificando os resultados de atendimento as medidas preventivas e de proteção percebe-se que a ordem crescente de pior para melhor performance das unidades obedece exatamente a mesma ordem de início de atividade das unidades, ou seja quanto mais antiga a unidade pior foi sua performance, este resultado se explica em decorrência de alguns fatores como no fim da década de 70 ainda era muito pouco conhecido os riscos de explosão de pó no Brasil, levando a cuidados muito menores em relação a medidas de proteção e prevenção em projetos de instalações de agroindústrias como no caso das unidades A e D. Na época do início das atividades das unidades B e C relatos de ocorrências de explosões de pó já eram mais frequentes favorecendo cuidados maiores nos projeto de concepção destas plantas, outro ponto importante é que apesar de no Brasil não existir nenhuma legislação regulamentando medidas de prevenção e proteção para minimizar riscos de explosão de pó nos Estados Unidos e Europa estas normas e regulamentações já existem a um bom tempo, como as unidades B e C pertencem a um grupo multinacional isto facilita que medidas adotadas em unidades de todo o mundo sejam implantadas em projetos

novos como parte do sistema de gestão de segurança do grupo multinacional sendo realizado de forma voluntária não por exigência de regulamentação ou lei vigente.

5 – CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que a performance em relação ao atendimento das medidas preventivas e de proteção das unidades pesquisadas era decrescente com o aumento de tempo do início de suas atividades. Ainda hoje não temos normas e regulamentações que definem medidas preventivas e de proteção a ser instaladas e adotadas em projetos em agroindústrias focando a mitigação dos riscos de uma ocorrência de explosão de pó em suspensão, fato que prejudica uma padronização e um aumento de implantação destas medidas em unidades já instaladas, pois os custos para as adequações são altos e sem uma regulamentação a ser seguida dificulta ainda mais que as empresas realizem os investimentos necessários.

Segundo Sá (1997) as agroindústrias antes de sua implantação, devem efetuar uma análise acurada de seus riscos e tomar as precauções cabíveis, pois na fase de projeto as soluções são mais simples e econômicas. Porém as indústrias já implantadas, com o auxílio de um profissional competente, poderão equacionar razoavelmente bem os problemas, minorando os riscos inerentes. Esta afirmação faz todo sentido e com um bom planejamento, investimentos focados e evolução em conscientização mesmo as unidades mais antigas podem aumentar consideravelmente seus níveis de segurança em relação aos riscos de explosões de pó em suspensão.

Há muito que estudar sobre o tema, sendo assim este assunto não deve se encerrar com este trabalho, ao contrário, que este trabalho seja motivador para estudos complementares futuros. Devido a pesquisas em andamento, novos sistemas e equipamentos devem surgir para neutralizar a formação dos fatores influentes e/ou minimizar os danos na ocorrência de explosões por pó.

ANEXO A

Modelo de check – list aplicado nas unidades industriais A, B, C e D:

MÓDULO 1 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE O MATERIAL			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados na concepção do projeto das instalações e equipamentos	100	
1.1	Os equipamentos no recebimento (redler's, roscas, elevadores, peneiras e tulhas) são bem vedados evitando a geração de pó no setor e túneis ?	15	
1.2	Os equipamentos na preparação (redler's, roscas, elevadores, quebradores, peneiras e laminadores) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	
1.3	Os equipamentos na moagem de farelo e expedição (redler's, roscas, elevadores, peneiras e moinhos) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	
1.4	Os pisos da unidade industrial são lisos e bem nivelados ?	15	
1.5	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a evitar ângulos e cantos mortos ?	15	
1.6	As estruturas são insensíveis à vibração ?	10	
1.7	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a minimizar pontos de geração de pó ?	15	
2	Limpeza	100	
2.1	A limpeza da soja a ser armazenada através das máquinas de limpeza é eficiente ?	20	
2.2	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de recebimento e armazenagem de soja está adequada ?	20	
2.3	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de preparação está adequada ?	20	
2.4	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de moagem/expedição de farelo está adequada ?	20	
2.5	Existem procedimentos de limpeza nos setores indicando frequência de limpeza das estruturas, pisos e equipamentos, assim como determinando as ferramentas a serem utilizadas ?	10	
2.6	Os colaboradores tem conhecimento do risco da utilização de ar comprimido em relação a explosão de pó ?	10	
3	Sistema de captação de pó e ou aplicação de óleo mineral sob os grãos	100	
3.1	Existe instalado nos tombadores/moegas eficiente sistema de captação de pó ?	20	
3.2	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de recebimento existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	
3.3	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de preparação existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	
3.4	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de moagem/expedição existe eficiente sistema de captação de pó ?	20	
3.5	Os sistemas de captação de pó têm em sua instalação filtro manga para redução da emissão de pó para a atmosfera ?	20	
Total		300	

MÓDULO 2 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE A ATMOSFERA			
Nº	Itens a verificar	Módulo não pontuado	
1	Emprego de gases ou poeiras inertes		
1.1	Na unidade industrial existe em algum setor o emprego de gases ou poeiras inertes para prevenção de explosões ?		

MÓDULO 3 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE FONTES DE IGNIÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico	60	
1.1	Na unidade existe procedimentos claros e determinação de pessoas qualificadas para realizarem liberação de serviços a quente ?	30	
1.2	Estes procedimentos estão sendo realizados de forma adequada e a obrigatoriedade desta liberação está sendo cumprida ?	30	
2	Falhas mecânicas	60	
2.1	Existem instalados nos equipamentos dos recebimento sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	
2.2	Existem instalados nos equipamentos da preparação sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	
2.3	Existem instalados nos equipamentos da moagem/expedição sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	
2.4	As canecas dos elevadores são de material plástico ?	12	
2.5	Existem nas instalações industriais separadores de metais em quantidade adequada ?	12	
3	Falhas elétricas	60	
3.1	Os equipamentos elétricos estão adequados conforme a norma ABNT NBR ?	30	
3.2	As superfícies de equipamentos elétricos estão isentas de acúmulo de camadas de pó ?	15	
3.3	Os painéis elétricos são pressurizados ou estanques ?	15	
4	Eleticidade estática	50	
4.1	Os equipamentos da unidade industrial são aterrados e interligados ?	25	
4.2	As condutividades elétricas das ligações entre os equipamentos e a terra são verificadas regularmente ?	25	
5	Manutenção	50	
5.1	Existe na unidade um programa de manutenção eletromecânica preventivo e ou preditivo ?	25	
5.2	Está estabelecido na unidade um plano de lubrificação com frequência e quantidade de lubrificantes a serem utilizados nos equipamentos ?	25	
6	Ignição espontânea	20	
6.1	Existem procedimentos de limpeza para o interior dos equipamentos com frequência definida ?	10	
6.2	A unidade possui sistema de termometria em seus silos de recebimento ?	10	
Total		300	

MÓDULO 4 - TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Treinamento e conscientização	200	
1.1	Existe na unidade uma integração de novos colaboradores e terceiros onde os riscos e as medidas de prevenção de uma explosão de pó, fazem parte do conteúdo ?	50	
1.2	A unidade possui um plano de treinamento ? Neste a obrigatoriedade do treinamento de prevenção de explosões de pó está contemplado para ser realizado no mínimo anualmente ?	50	
1.3	São realizadas campanhas e ou orientações sobre a prática de fumo em áreas classificadas ?	50	
1.4	Os colaboradores e parceiros estão conscientes dos riscos em relação a explosão de pó ?	50	
Total		200	

MÓDULO 5 - MEDIDAS DE PROTEÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Segregação do risco de explosão	100	
1.1	O layout dos setores que movimentam produtos com geração de pó foi concebido, para que em caso de explosão não venha danificar outras áreas ?	50	
1.2	O projeto das áreas de recebimento e produção que geram pó foram desenvolvidos evitando a geração de espaços confinados ?	50	
2	Sistema de alívio	100	
2.1	Existem no recinto fabril telhados, aberturas, portas e outros itens de resistência inferior para evitar perdas totais em eventos de explosão por pó ?	50	
2.2	Os elevadores são munidos de placa de ruptura em caso de explosão de pó ?	50	
Total		200	

ANEXO B

Check – list aplicado na unidade A:

MÓDULO 1 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE O MATERIAL			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados na concepção do projeto das instalações e equipamentos	100	55
1.1	Os equipamentos no recebimento (redler's, roscas, elevadores, peneiras e tolhas) são bem vedados evitando a geração de pó no setor e túneis ?	15	10
1.2	Os equipamentos na preparação (redler's, roscas, elevadores, quebradores, peneiras e laminadores) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	10
1.3	Os equipamentos na moagem de farelo e expedição (redler's, roscas, elevadores, peneiras e moinhos) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	5
1.4	Os pisos da unidade industrial são lisos e bem nivelados ?	15	15
1.5	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a evitar ângulos e cantos mortos ?	15	5
1.6	As estruturas são insensíveis à vibração ?	10	5
1.7	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a minimizar pontos de geração de pó ?	15	5
2	Limpeza	100	77
2.1	A limpeza da soja a ser armazenada através das máquinas de limpeza é eficiente ?	20	10
2.2	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de recebimento e armazenagem de soja está adequada ?	20	20
2.3	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de preparação está adequada ?	20	20
2.4	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de moagem/expedição de farelo está adequada ?	20	10
2.5	Existem procedimentos de limpeza nos setores indicando frequência de limpeza das estruturas, pisos e equipamentos, assim como determinando as ferramentas a serem utilizadas ?	10	10
2.6	Os colaboradores tem conhecimento do risco da utilização de ar comprimido em relação a explosão de pó ?	10	7
3	Sistema de captação de pó e ou aplicação de óleo mineral sob os grãos	100	28
3.1	Existe instalado nos tombadores/moegas eficiente sistema de captação de pó ?	20	0
3.2	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de recebimento existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	16
3.3	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de preparação existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	12
3.4	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de moagem/expedição existe eficiente sistema de captação de pó ?	20	0
3.5	Os sistemas de captação de pó têm em sua instalação filtro manga para redução da emissão de pó para a atmosfera ?	20	0
Total		300	160

Observações:

- 1.1 - No levantamento em campo cerca de 33% dos equipamentos apresentavam problemas de vedação
 1.2 - No levantamento em campo cerca de 33% dos equipamentos apresentavam problemas de vedação
 1.3 - No levantamento em campo cerca de 66% dos equipamentos apresentavam problemas de vedação
 1.5 - Nos setores do recebimento e expedição de farelo existem muitos cantos mortos.
 1.6 - As estruturas da preparação e moagem/expedição são sensíveis a vibração.
 1.7 - O lay out do recebimento e expedição de farelo favoreceu a existência de muitos espaços confinados e geração de pó.
 2.1 - As máquinas de limpeza são ineficientes e ultrapassadas pelo volume de recebimento.
 2.4 - No setor há muita deposição de pó.
 2.6 - Na amostragem realizada 70% dos colaboradores mostraram conhecimento em relação ao uso do ar comprimido para limpeza.
 3.2 - No setor de recebimento 80% dos equipamentos possuem sistema de captação de pó.
 3.3 - No setor de preparação 60% dos equipamentos possuem sistema de captação de pó.

MÓDULO 2 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE A ATMOSFERA		
Nº	Itens a verificar	Módulo não pontuado
1	Emprego de gases ou poeiras inertes	
1.1	Na unidade industrial existe em algum setor o emprego de gases ou poeiras inertes para prevenção de explosões ?	Não existe

Observações:

- 1.1- Na unidade em nenhuma área ou equipamento existe emprego de gases ou poeiras inertes.

MÓDULO 3 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE FONTES DE IGNIÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico	60	60
1.1	Na unidade existe procedimentos claros e determinação de pessoas qualificadas para realizarem liberação de serviços a quente ?	30	30
1.2	Estes procedimentos estão sendo realizados de forma adequada e a obrigatoriedade desta liberação está sendo cumprida ?	30	30
2	Falhas mecânicas	60	17
2.1	Existem instalados nos equipamento dos recebimento sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	0
2.2	Existem instalados nos equipamentos da preparação sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	8
2.3	Existem instalados nos equipamentos da moagem/expedição sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	0
2.4	As canecas dos elevadores são de material plástico ?	12	3
2.5	Existem nas instalações industriais separadores de metais em quantidade adequada ?	12	8
3	Falhas elétricas	60	30
3.1	Os equipamentos elétricos estão adequados conforme a norma ABNT NBR ?	30	20
3.2	As superfícies de equipamentos elétricos estão isentas de acúmulo de camadas de pó ?	15	10
3.3	Os painéis elétricos são pressurizados ou estanques ?	15	0
4	Eleticidade estática	50	25
4.1	Os equipamentos da unidade industrial são aterrados e interligados ?	25	25
4.2	As condutividades elétricas das ligações entre os equipamentos e a terra são verificadas regularmente ?	25	0
5	Manutenção	50	50
5.1	Existe na unidade um programa de manutenção eletromecânico preventivo e ou preditivo ?	25	25
5.2	Está estabelecido na unidade um plano de lubrificação com frequência e quantidade de lubrificantes a serem utilizados nos equipamentos ?	25	25
6	Ignição espontânea	20	20
6.1	Existem procedimentos de limpeza para o interior dos equipamentos com frequência definida ?	10	10
6.2	A unidade possui sistema de termometria em seus silos de recebimento ?	10	10
Total		300	202

Observações:

- 2.2 - Em 50% dos equipamentos de risco da preparação estão instalados sensores de velocidade
 2.4 - Os elevadores mais recentes na unidade possuem canecas de plástico, estes somam 25% do total de elevadores da unidade.
 2.5 - Falta instalação de separador de metais no recebimento antes da alimentação dos silos.
 3.1 - No setor do recebimento e expedição de farelo nos túneis das correias transportadoras foram encontradas proteções de lâmpadas quebradas.
 3.2 - No setor de expedição de farelo se encontra depósitos de pó em superfícies elétricas.
 4.2 - Não houve evidência de nenhuma medição recente e não existe um plano de medição com frequência determinada.

MÓDULO 4 - TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Treinamento e conscientização	200	188
1.1	Existe na unidade uma integração de novos colaboradores e terceiros onde os riscos e as medidas de prevenção de uma explosão de pó, fazem parte do conteúdo ?	50	50
1.2	A unidade possui um plano de treinamento ? Neste a obrigatoriedade do treinamento de prevenção de explosões de pó está contemplado para ser realizado no mínimo anualmente ?	50	50
1.3	São realizadas campanhas e ou orientações sobre a prática de fumo em áreas classificadas ?	50	50
1.4	Os colaboradores e parceiros estão conscientes dos riscos em relação a explosão de pó ?	50	37,5
Total		200	188

Observações:

- 1.4 - Na amostragem realizada 75% dos colaboradores se mostraram conscientes do risco de explosão de pó.

MÓDULO 5 - MEDIDAS DE PROTEÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Segregação do risco de explosão	100	70
1.1	O layout dos setores que movimentam produtos com geração de pó foi concebido, para que em caso de explosão não venha danificar outras áreas ?	50	50
1.2	O projeto das áreas de recebimento e produção que geram pó foram desenvolvidos evitando a geração de espaços confinados ?	50	20
2	Sistema de alívio	100	24,5
2.1	Existem no recinto fabril telhados, aberturas, portas e outros itens de resistência inferior para evitar perdas totais em eventos de explosão por pó ?	50	17
2.2	Os elevadores são munidos de placa de ruptura em caso de explosão de pó ?	50	7,5
Total		200	94,5

Observações:

1.2 - O recebimento de soja foi projetado em uma torre de concreto com uma série de elevadores em seu interior, além de uma série de espaços confinados (túneis) no recebimento e moagem/expedição de farelo que com uma melhor avaliação no projeto poderiam ser evitados.

2.1 - O recebimento de soja está todo enclausurado em uma torre de concreto.

2.2 - Apenas 15% dos elevadores possuem placa de ruptura.

ANEXO C

Check – list aplicado na unidade B:

MÓDULO 1 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE O MATERIAL			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados na concepção do projeto das instalações e equipamentos	100	85
1.1	Os equipamentos no recebimento (redler's, roscas, elevadores, peneiras e tolhas) são bem vedados evitando a geração de pó no setor e túneis ?	15	15
1.2	Os equipamentos na preparação (redler's, roscas, elevadores, quebradores, peneiras e laminadores) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	15
1.3	Os equipamentos na moagem de farelo e expedição (redler's, roscas, elevadores, peneiras e moinhos) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	15
1.4	Os pisos da unidade industrial são lisos e bem nivelados ?	15	15
1.5	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a evitar ângulos e cantos mortos ?	15	10
1.6	As estruturas são insensíveis à vibração ?	10	5
1.7	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a minimizar pontos de geração de pó ?	15	10
2	Limpeza	100	79,5
2.1	A limpeza da soja a ser armazenada através das máquinas de limpeza é eficiente ?	20	20
2.2	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de recebimento e armazenagem de soja está adequada ?	20	12
2.3	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de preparação está adequada ?	20	16
2.4	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de moagem/expedição de farelo está adequada ?	20	15
2.5	Existem procedimentos de limpeza nos setores indicando frequência de limpeza das estruturas, pisos e equipamentos, assim como determinando as ferramentas a serem utilizadas ?	10	10
2.6	Os colaboradores tem conhecimento do risco da utilização de ar comprimido em relação a explosão de pó ?	10	6,5
3	Sistema de captação de pó e ou aplicação de óleo mineral sob os grãos	100	40
3.1	Existe instalado nos tombadores/moegas eficiente sistema de captação de pó ?	20	0
3.2	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de recebimento existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	0
3.3	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de preparação existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	15
3.4	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de moagem/expedição existe eficiente sistema de captação de pó ?	20	15
3.5	Os sistemas de captação de pó têm em sua instalação filtro manga para redução da emissão de pó para a atmosfera ?	20	10
Total		300	204,5

Observações:

1.5 - Existem cantos mortos em alguns locais no recebimento de soja

1.6 - As estruturas no recebimento de soja são sensíveis a vibração

1.7 - No recebimento de soja o projeto poderia ter minimizado túneis e elevadores

2.2 - No recebimento havia muito pó acumulado nas estruturas e equipamentos

2.3 - Na preparação havia muito pó acumulado nas estruturas e equipamentos do silo pulmão de soja

2.4 - Na expedição de farelo havia muito pó acumulado nas estruturas e equipamentos

2.6 - Na amostragem realizada 35% dos colaboradores não mostraram conhecimento em relação ao risco explosão de pó

3.5 - Na preparação existem equipamentos de captação de pó com ciclones ao invés de filtro manga

MÓDULO 2 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE A ATMOSFERA		
Nº	Itens a verificar	Módulo não pontuado
1	Emprego de gases ou poeiras inertes	
1.1	Na unidade industrial existe em algum setor o emprego de gases ou poeiras inertes para prevenção de explosões ?	Não existe

MÓDULO 3 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE FONTES DE IGNIÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico	60	60
1.1	Na unidade existe procedimentos claros e determinação de pessoas qualificadas para realizarem liberação de serviços a quente ?	30	30
1.2	Estes procedimentos estão sendo realizados de forma adequada e a obrigatoriedade desta liberação está sendo cumprida ?	30	30
2	Falhas mecânicas	60	41
2.1	Existem instalados nos equipamentos dos recebimento sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	7,8
2.2	Existem instalados nos equipamentos da preparação sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	9,6
2.3	Existem instalados nos equipamentos da moagem/expedição sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	12
2.4	As canecas dos elevadores são de material plástico ?	12	3,6
2.5	Existem nas instalações industriais separadores de metais em quantidade adequada ?	12	8
3	Falhas elétricas	60	40
3.1	Os equipamentos elétricos estão adequados conforme a norma ABNT NBR ?	30	20
3.2	As superfícies de equipamentos elétricos estão isentas de acúmulo de camadas de pó ?	15	10
3.3	Os painéis elétricos são pressurizados ou estanques ?	15	10
4	Eletricidade estática	50	25
4.1	Os equipamentos da unidade industrial são aterrados e interligados ?	25	25
4.2	As condutividades elétricas das ligações entre os equipamentos e a terra são verificadas regularmente ?	25	0
5	Manutenção	50	50
5.1	Existe na unidade um programa de manutenção eletromecânica preventivo e ou preditivo ?	25	25
5.2	Está estabelecido na unidade um plano de lubrificação com frequência e quantidade de lubrificantes a serem utilizados nos equipamentos ?	25	25
6	Ignição espontânea	20	20
6.1	Existem procedimentos de limpeza para o interior dos equipamentos com frequência definida ?	10	10
6.2	A unidade possui sistema de termometria em seus silos de recebimento ?	10	10
Total		300	236

Observações:

- 2.1 - No recebimento 65% dos equipamentos estão adequados.
- 2.2 - Na preparação 80% dos equipamentos estão adequados.
- 2.4 - Em 30% dos elevadores da unidade as canecas são de plásticos.
- 2.5 - Existe necessidade de instalação de separador de metais no recebimento de soja
- 3.1 - Nos túneis do silo pufmão de soja, armazéns e silos de soja haviam algumas lâmpadas sem proteção e algumas caixas de passagem abertas.
- 3.2 - Existe presença de pó acumulado na superfície de equipamentos elétricos no recebimento de soja e expedição de farelo.
- 3.3 - Os painéis do recebimento não estão adequados

MÓDULO 4 - TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Treinamento e conscientização	200	185
1.1	Existe na unidade uma integração de novos colaboradores e terceiros onde os riscos e as medidas de prevenção de uma explosão de pó, fazem parte do conteúdo ?	50	50
1.2	A unidade possui um plano de treinamento ? Neste a obrigatoriedade do treinamento de prevenção de explosões de pó está contemplado para ser realizado no mínimo anualmente ?	50	50
1.3	São realizadas campanhas e ou orientações sobre a prática de fumo em áreas classificadas ?	50	50
1.4	Os colaboradores e parceiros estão conscientes dos riscos em relação a explosão de pó ?	50	35
Total		200	185

Observações:

- 1.4 - Pela amostragem realizada 70% dos colaboradores estão conscientes dos riscos de explosão de pó.

MÓDULO 5 - MEDIDAS DE PROTEÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Segregação do risco de explosão	100	100
1.1	O layout dos setores que movimentam produtos com geração de pó foi concebido, para que em caso de explosão não venha danificar outras áreas ?	50	50
1.2	O projeto das áreas de recebimento e produção que geram pó foram desenvolvidos evitando a geração de espaços confinados ?	50	50
2	Sistema de alívio	100	100
2.1	Existem no recinto fabril telhados, aberturas, portas e outros itens de resistência inferior para evitar perdas totais em eventos de explosão por pó ?	50	50
2.2	Os elevadores são munidos de placa de ruptura em caso de explosão de pó ?	50	50
Total		200	200

Observações

ANEXO D

Check – list aplicado na unidade C:

MÓDULO 1 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE O MATERIAL			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados na concepção do projeto das instalações e equipamentos	100	100
1.1	Os equipamentos no recebimento (redler's, roscas, elevadores, peneiras e tuihas) são bem vedados evitando a geração de pó no setor e túneis ?	15	15
1.2	Os equipamentos na preparação (redler's, roscas, elevadores, quebradores, peneiras e laminadores) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	15
1.3	Os equipamentos na moagem de farelo e expedição (redler's, roscas, elevadores, peneiras e moinhos) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	15
1.4	Os pisos da unidade industrial são lisos e bem nivelados ?	15	15
1.5	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a evitar ângulos e cantos mortos ?	15	15
1.6	As estruturas são insensíveis à vibração ?	10	10
1.7	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a minimizar pontos de geração de pó ?	15	15
2	Limpeza	100	94
2.1	A limpeza da soja a ser armazenada através das máquinas de limpeza é eficiente ?	20	20
2.2	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de recebimento e armazenagem de soja está adequada ?	20	18
2.3	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de preparação está adequada ?	20	20
2.4	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de moagem/expedição de farelo está adequada ?	20	18
2.5	Existem procedimentos de limpeza nos setores indicando frequência de limpeza das estruturas, pisos e equipamentos, assim como determinando as ferramentas a serem utilizadas ?	10	10
2.6	Os colaboradores tem conhecimento do risco da utilização de ar comprimido em relação a explosão de pó ?	10	8
3	Sistema de captação de pó e ou aplicação de óleo mineral sob os grãos	100	75
3.1	Existe instalado nos tombadores/moegas eficiente sistema de captação de pó ?	20	0
3.2	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de recebimento existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	15
3.3	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de preparação existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	20
3.4	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de moagem/expedição existe eficiente sistema de captação de pó ?	20	20
3.5	Os sistemas de captação de pó têm em sua instalação filtro manga para redução da emissão de pó para a atmosfera ?	20	20
Total		300	269

Observações:

2.2 - Existia acúmulo de pó nos equipamentos e estruturas do recebimento de soja

2.4 - Havia acúmulo de pó no túnel da expedição de farelo.

2.6 - Na amostragem realizada 80 % dos colaboradores demonstraram possuir conhecimentos do risco de utilizar ar comprimido para limpeza.

3.2 - Nos túneis das moegas dos tombadores não existe captação de pó.

MÓDULO 2 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE A ATMOSFERA		
Nº	Itens a verificar	Módulo não pontuado
1	Emprego de gases ou poeiras inertes	
1.1	Na unidade industrial existe em algum setor o emprego de gases ou poeiras inertes para prevenção de explosões ?	Não existe

Observações:

1.1 - Em nenhum equipamento ou área da unidade industrial existe o emprego de gases ou poeiras inertes

MÓDULO 3 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE FONTES DE IGNIÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico	60	60
1.1	Na unidade existe procedimentos claros e determinação de pessoas qualificadas para realizarem liberação de serviços a quente ?	30	30
1.2	Estes procedimentos estão sendo realizados de forma adequada e a obrigatoriedade desta liberação está sendo cumprida ?	30	30
2	Falhas mecânicas	60	57,6
2.1	Existem instalados nos equipamentos dos recebimento sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	9,6
2.2	Existem instalados nos equipamentos da preparação sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	12
2.3	Existem instalados nos equipamentos da moagem/expedição sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	12
2.4	As canecas dos elevadores são de material plástico ?	12	12
2.5	Existem nas instalações industriais separadores de metais em quantidade adequada ?	12	12
3	Falhas elétricas	60	55
3.1	Os equipamentos elétricos estão adequados conforme a norma ABNT NBR ?	30	30
3.2	As superfícies de equipamentos elétricos estão isentas de acúmulo de camadas de pó ?	15	15
3.3	Os painéis elétricos são pressurizados ou estanques ?	15	10
4	Eleticidade estática	50	37,5
4.1	Os equipamentos da unidade industrial são aterrados e interligados ?	25	25
4.2	As condutividades elétricas das ligações entre os equipamentos e a terra são verificadas regularmente ?	25	12,5
5	Manutenção	50	50
5.1	Existe na unidade um programa de manutenção eletromecânico preventivo e ou preditivo ?	25	25
5.2	Está estabelecido na unidade um plano de lubrificação com frequência e quantidade de lubrificantes a serem utilizados nos equipamentos ?	25	25
6	Ignição espontânea	20	20
6.1	Existem procedimentos de limpeza para o interior dos equipamentos com frequência definida ?	10	10
6.2	A unidade possui sistema de termometria em seus silos de recebimento ?	10	10
Total		300	280,1

Observações:

2.1 - No recebimento 80% dos equipamentos estão adequados

3.3 - O painel elétrico do recebimento não está adequado.

4.2 - Existe medição recente na unidade, mas não está oficializado um procedimento com a regularidade das medições.

MÓDULO 4 - TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Treinamento e conscientização	200	190
1.1	Existe na unidade uma integração de novos colaboradores e terceiros onde os riscos e as medidas de prevenção de uma explosão de pó, fazem parte do conteúdo ?	50	50
1.2	A unidade possui um plano de treinamento ? Neste a obrigatoriedade do treinamento de prevenção de explosões de pó está contemplado para ser realizado no mínimo anualmente ?	50	50
1.3	São realizadas campanhas e ou orientações sobre a prática de fumo em áreas classificadas ?	50	50
1.4	Os colaboradores e parceiros estão conscientes dos riscos em relação a explosão de pó ?	50	40
Total		200	190

ANEXO E

Check – list aplicado na unidade D:

MÓDULO 1 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE O MATERIAL			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados na concepção do projeto das instalações e equipamentos	100	50
1.1	Os equipamentos no recebimento (redler's, roscas, elevadores, peneiras e tolhas) são bem vedados evitando a geração de pó no setor e túneis ?	15	5
1.2	Os equipamentos na preparação (redler's, roscas, elevadores, quebradores, peneiras e laminadores) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	5
1.3	Os equipamentos na moagem de farelo e expedição (redler's, roscas, elevadores, peneiras e moinhos) estão bem vedados evitando a geração de pó no setor ?	15	5
1.4	Os pisos da unidade industrial são lisos e bem nivelados ?	15	15
1.5	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a evitar ângulos e cantos mortos ?	15	10
1.6	As estruturas são insensíveis à vibração ?	10	5
1.7	Foram tomados cuidados no projeto da planta em relação a minimizar pontos de geração de pó ?	15	5
2	Limpeza	100	67
2.1	A limpeza da soja a ser armazenada através das máquinas de limpeza é eficiente ?	20	20
2.2	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de recebimento e armazenagem de soja está adequada ?	20	12
2.3	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de preparação está adequada ?	20	14
2.4	A limpeza nas estruturas, piso e equipamentos do setor de moagem/expedição de farelo está adequada ?	20	12
2.5	Existem procedimentos de limpeza nos setores indicando frequência de limpeza das estruturas, pisos e equipamentos, assim como determinando as ferramentas a serem utilizadas ?	10	5
2.6	Os colaboradores tem conhecimento do risco da utilização de ar comprimido em relação a explosão de pó ?	10	4
3	Sistema de captação de pó e ou aplicação de óleo mineral sob os grãos	100	10
3.1	Existe instalado nos tombadores/moegas eficiente sistema de captação de pó ?	20	0
3.2	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de recebimento existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	0
3.3	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de preparação existe eficiente sistema de captação de pó ou de aplicação de óleo mineral?	20	10
3.4	Nos elevadores, correias transportadoras, redler's e roscas do setor de moagem/expedição existe eficiente sistema de captação de pó ?	20	0
3.5	Os sistemas de captação de pó têm em sua instalação filtro manga para redução da emissão de pó para a atmosfera ?	20	0
Total		300	127

Observações:

- 1.1 - Muito acúmulo de pó nos equipamentos, estruturas e túneis
- 1.2 - Muito acúmulo de pó nos equipamentos, estruturas e túneis.
- 1.3 - Muito acúmulo de pó nos equipamentos, estruturas e túneis.
- 1.5 - Na preparação e no recebimento de soja existem muitos cantos mortos
- 1.6 - A preparação e recebimento possui algumas estruturas sensíveis a vibração.
- 1.7 - A preparação está enclausurada e existe uma série de elevadores que poderiam ser evitados no recebimento e expedição na fase inicial do projeto.
- 2.2 - Existe muito acúmulo de pó no setor.
- 2.3 - Existe acúmulo de pó no setor principalmente nos quebradores e laminadores.
- 2.4 - Existe muito acúmulo de pó no setor.
- 2.5 - Apenas uma parte dos equipamentos possui procedimentos de limpeza
- 2.6 - Na amostragem realizada apenas 40% dos colaboradores demonstraram conhecimento do risco.
- 3.4 - Falta instalação de sistema de captação de pó nos quebradores, elevadores e laminadores

MÓDULO 2 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE A ATMOSFERA		
Nº	Itens a verificar	Módulo não pontuado
1	Emprego de gases ou poeiras inertes	
1.1	Na unidade industrial existe em algum setor o emprego de gases ou poeiras inertes para prevenção de explosões ?	Não existe

Observações:

- 1.1 - Em nenhum equipamento da unidade existe emprego de gases ou poeiras inerte.

MÓDULO 3 - MEDIDAS PREVENTIVAS SOBRE FONTES DE IGNIÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Cuidados no uso de aparelhos de soldagem e maçarico	60	50
1.1	Na unidade existe procedimentos claros e determinação de pessoas qualificadas para realizarem liberação de serviços a quente ?	30	20
1.2	Estes procedimentos estão sendo realizados de forma adequada e a obrigatoriedade desta liberação está sendo cumprida ?	30	30
2	Falhas mecânicas	60	34
2.1	Existem instalados nos equipamentos dos recebimento sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	0
2.2	Existem instalados nos equipamentos da preparação sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	12
2.3	Existem instalados nos equipamentos da moagem/expedição sensores de velocidade, desalinhamento e obstrução ?	12	9
2.4	As canecas dos elevadores são de material plástico ?	12	5
2.5	Existem nas instalações industriais separadores de metais em quantidade adequada ?	12	8
3	Falhas elétricas	60	34
3.1	Os equipamentos elétricos estão adequados conforme a norma ABNT NBR ?	30	21
3.2	As superfícies de equipamentos elétricos estão isentas de acúmulo de camadas de pó ?	15	8
3.3	Os painéis elétricos são pressurizados ou estanques ?	15	5
4	Eletricidade estática	50	37,5
4.1	Os equipamentos da unidade industrial são aterrados e interligados ?	25	25
4.2	As condutividades elétricas das ligações entre os equipamentos e a terra são verificadas regularmente ?	25	12,5
5	Manutenção	50	50
5.1	Existe na unidade um programa de manutenção eletromecânico preventivo e ou preditivo ?	25	25
5.2	Está estabelecido na unidade um plano de lubrificação com frequência e quantidade de lubrificantes a serem utilizados nos equipamentos ?	25	25
6	Ignição espontânea	20	15
6.1	Existem procedimentos de limpeza para o interior dos equipamentos com frequência definida ?	10	5
6.2	A unidade possui sistema de termometria em seus silos de recebimento ?	10	10
Total		300	220,5

Observações:

1.1 - Ainda existem muitos procedimentos informais.

2.3 - Nos equipamentos da expedição não estão instalados todos os sensores necessários.

2.4 - Os elevadores mais novos instalados na unidade são de canecas de material plástico estes são cerca de 42%.

2.5 - Falta instalação de separador de metais no recebimento.

3.1 - Nos túneis do recebimento e expedição de farelo existem caixas de passagem elétrica abertas.

3.2 - Há acúmulo de pó em superfícies elétricas no recebimento, preparação e expedição de farelo.

3.3 - No recebimento de soja e expedição de farelo os painéis não estão adequados.

4.2 - Existe medição realizada, mas nenhum procedimento determina a frequência de realização.

6.1 - Somente partes do equipamento possuem plano de limpeza.

MÓDULO 4 - TREINAMENTO E CONSCIENTIZAÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Treinamento e conscientização	200	165
1.1	Existe na unidade uma integração de novos colaboradores e terceiros onde os riscos e as medidas de prevenção de uma explosão de pó, fazem parte do conteúdo ?	50	50
1.2	A unidade possui um plano de treinamento ? Neste a obrigatoriedade do treinamento de prevenção de explosões de pó está contemplado para ser realizado no mínimo anualmente ?	50	35
1.3	São realizadas campanhas e ou orientações sobre a prática de fumo em áreas classificadas ?	50	50
1.4	Os colaboradores e parceiros estão conscientes dos riscos em relação a explosão de pó ?	50	30
Total		200	165

Observações:

1.2 - A unidade está em fase de implementação do plano de treinamento.

1.4 - Na amostragem realizada 60% dos colaboradores demonstraram conhecimentos dos riscos.

MÓDULO 5 - MEDIDAS DE PROTEÇÃO			
Nº	Itens a verificar	Pontuação Possível	Pontuação Obtida
1	Segregação do risco de explosão	100	70
1.1	O layout dos setores que movimentam produtos com geração de pó foi concebido, para que em caso de explosão não venha danificar outras áreas ?	50	35
1.2	O projeto das áreas de recebimento e produção que geram pó foram desenvolvidos evitando a geração de espaços confinados ?	50	35
2	Sistema de alívio	100	58
2.1	Existem no recinto fabril telhados, aberturas, portas e outros itens de resistência inferior para evitar perdas totais em eventos de explosão por pó ?	50	40
2.2	Os elevadores são munidos de placa de ruptura em caso de explosão de pó ?	50	18
Total		200	128

Observações:

1.1 - Há um silo vertical de 20.000 ton que é totalmente de concreto e em caso de uma explosão atingiria áreas de grande movimentação de pessoas (preparação e recebimento de soja).

1.2 - Na fase inicial do projeto poderiam ser realizadas modificações para serem evitados espaços confinados no recebimento e expedição.

2.1 - A estrutura do silo vertical de 20.000 ton não possui sistema de alívio.

2.2 - No levantamento realizado 36% dos elevadores possui sistema de alívio.

LISTA DE REFERÊNCIAS

_____. Armazenagem. Livro 4. Ago.2003. Disponível em:
<<http://www.armazenagem.com.br>>. Acesso em 07 maio 2006.

_____. Armazenagem. Livro 5. Ago.2003. Disponível em:
<<http://www.armazenagem.com.br>>. Acesso em 07 maio 2006.

_____. Armazenagem. Livro 6. Ago.2003. Disponível em:
<<http://www.armazenagem.com.br>>. Acesso em 07 maio 2006.

APTS – ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS TÉCNICOS DE SEGURO. APTS Notícias. Ed. 61. São Paulo: APTS, out./dez. 2002. p. 6-7.

CALÇA, José R. R. Explosão de pós. EST -204 Proteção Contra Incêndio e Explosão. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1ª Ed. – Parte B / PECE, 2º ciclo de 2005. p.56-86.

DUARTE F, Edgard. 5 minutos diários de segurança, saúde ocupacional e meio ambiente. 3ª Edição. Belo Horizonte, 1999.

FENWAL PROTECTION SYSTEMS. The Anatomy of an Explosion. Holliston, MA., EUA, 2003. Disponível em: <<http://www.fenwalprotection.com>>. Acesso em: 11 de maio de 2006.

FIREFLY Ab. Parâmetros críticos para explosões de poeira. 2005. Disponível em: <<http://firefly.dk>>. Acesso em: 07 abril 2006.

HAJNAL, Roberto. Seguridad y Medio Ambiente. Revista A&G. Ed. 54.2004. Vol 1. p. 32-37.

PÓ MORTAL I E II. Produção do Departamento de Ciência dos Grãos e Indústria da Universidade Estadual de Kansas. Manhattan, Kansas, EUA: KSU Cooperative Extension Service Vídeo Presentation, [entre 1970 e 1980]. 1 fita de vídeo (20 minutos), VHS, son., color.

SÁ, Ary de. Efeito devastador – Explosões em locais onde existe muita poeira acumulada são ameaça constante. Revista Proteção. Ed. 181. 2007. p. 63-70.

SÁ, Ary de. Explosões – O Perigo dos Grãos. Revista Proteção. Ed. 98. 1998. Disponível em: <<http://www.safetyguide.com.br/artigos/explograos.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2006.

SILVA, Prof. Luís César. Explosões em Unidades Armazenadoras de Grãos. Nov.1999. Disponível em <<http://www.unioeste.br>> . Acesso em: 20 mar. 2006.

WEBER, Érico Aquino. Armazenagem. Livro 2. Ago.2003. Disponível em: <<http://www.armazenagem.com.br>>. Acesso em 23 abril 2006.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR-5418 – Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, mar. 1995.

ANTARES ENGENHARIA. **DustControl**. 2002. Disponível em <<http://wingsltda.com.br>>. Acesso em 29 jul. 2006.

ASFAHL, C. Ray. **Gestão de Segurança do Trabalho e de Saúde Ocupacional**. 4ª Ed. São Paulo: Reichmann & Autores Editores, 2005.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria SIT/DSST N°17, de 15 de Maio de 2001**. Divulga para consulta pública a Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura e Exploração Florestal – NRR. 2001. Disponível em <<http://sintese.com>>. Acesso em 30 jul. 2006.

FIKE METAL PRODUCTS. **Proteção de Explosões**. Missouri, EUA. Form Breppri, 1997. Disponível em <<http://fike.com>>. Acesso em: 17 set. 2006.

KSU, KANSAS STATE UNIVERSITY. **1988 Grain Dust Explosions Lowest since 1975**. Manhattan, Kansas, EUA: KSU, 1989. 5 p.

KUHNER SAFETY. **Win Vent**. Alemanha, 2007. Disponível em <<http://www.kuhner.com>>. Acesso em: 01 ago. 2007.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL FUEGO. **Explosiones en Unidades Almacenadas**. Argentina, 2004. Disponível em: <<http://www.itfuego.com>>. Acesso em: 27 abr. 2006.

MACCOMEVAP, Ind. Com. Técnica em iluminação. **O que é Atmosfera Explosiva?** 2004. Disponível em: <<http://www.maccomevap.com.br>>. Acesso em: 27 ago. 2006.

NATIONAL FIRE PREVENTION ASSOCIATION – FIRE INVESTIGATIONS DEPARTMENT. **Grain Elevator Explosion**. Quincy, MA, EUA: NFPA, 1999. Disponível em : <<http://www.nfpa.org>>. Acesso em: 02 jun. 2006.

RANGEL JR, Estellito. **Riscos devidos aos Pós Combustíveis**. Nutsteel Atmosferas Explosivas. 2005. Disponível em: <http://www.nutsteel.com.br/EX_dez.pdf>. Acesso em: 15 out. 2006.

SÁ, Ary de. **Risco de Explosão**. Revista Proteção. Ed. 61. 1997. Disponível em <<http://www.safetyguide.com.br/artigos/perigexpl.htm>>. Acesso em 20 jul. 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO. **Riscos de Incêndios**. Instituto de Tecnologia. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/fogo.htm>>. Acesso em 08 mai. 2006.

WEBER, Érico Aquino. **Excelência em Beneficiamento e Armazenagem de Grãos**. Canoas/RS. Editora Salles 2005.