



ANÁLISE DA SEGURANÇA OPERACIONAL EM UMA PLANTA BENEFICIADORA DE GRÃOS

Glaziella Magalhães Silva,
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
glaziella.silva@ufms.br

Marcos Lucas de Oliveira,
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
marcos.lucas@ufms.br

Janusa Soares de Araújo,
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
janusa.soares@ufms.br

João Batista Sarmiento dos Santos Neto,
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
joao.sarmiento@ufms.br

RESUMO

Este estudo aborda a análise de segurança operacional em um secador industrial de disco a vácuo em uma planta beneficiadora de grãos. A pesquisa utilizou a técnica FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) para identificar e priorizar modos de falha, seus efeitos e causas no sistema de operação do equipamento. Os dados foram coletados por meio de visitas *in loco*, entrevistas com equipe multidisciplinar e análise documental do equipamento. Identificaram-se falhas críticas, como na válvula de linha de ar comprimido e outros componentes que impactam diretamente a segurança e a produtividade. As ações recomendadas incluíram a implementação de manutenção preventiva e corretiva, além de melhorias no monitoramento contínuo. Como principais resultados, destacou-se a aplicação da FMEA para reduzir riscos e aumentar a confiabilidade operacional do secador. Concluiu-se que a gestão eficiente dos riscos promove não apenas a segurança dos colaboradores, mas também a estabilidade do processo produtivo, sendo essencial para evitar falhas severas e seus potenciais danos. O estudo recomenda a ampliação do uso da FMEA em outros equipamentos industriais da empresa, em análise, e o desenvolvimento de estratégias integradas de manutenção.

Palavras-chave: Gerenciamento de risco; FMEA; Manutenção Industrial; Secador industrial.



1 INTRODUÇÃO

A agroindústria é uma parte importante da economia brasileira, pois fomenta a empregabilidade, garante a comida na mesa de inúmeras famílias e fortalece o mercado nacional por meio de parcerias e das exportações. Segundo Rodrigues (2013), o setor vem crescendo de forma constante, especialmente a produção agropecuária, mostrando como esta é essencial para o desenvolvimento do Brasil. Dentre esse setor, surgem as indústrias beneficiadoras de grãos que transformam matérias-primas até a distribuição de produtos fins, abrangendo diversas etapas da cadeia de sistemas produtivos.

Conforme dados da Secretaria de Comércio e Relações Internacionais do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) o Brasil exportou diretamente 193,02 milhões de toneladas na forma de grãos em 2023, batendo o recorde em vendas de exportações do agronegócio, atingindo US\$166,55 bilhões em vendas (BRASIL,2023). Diante disso, pode-se observar que o processo produtivo de beneficiadoras de grãos desempenha um papel ainda mais sobressalente, visto que coloca o país na faixa dos maiores produtores e exportadores de grãos do mundo.

Diante disso, de acordo com Moraes (2010) houve a busca por competitividade e melhorias nos processos industriais que reporta à criação de plantas maiores e mais complexas, aumentando riscos e os acidentes industriais. A constante evolução e competitividade do mercado criam uma necessidade crescente por informações rápidas e úteis para avaliar os dados da empresa, permitindo que os gestores alcancem seus objetivos e definam novas estratégias (Cavalcante, 2022).

Nesse campo, Webwe e Diehl (2016) e Dionizio (2020) afirmam que para se manterem competitivas as empresas precisam revisar seus conceitos e adotar uma boa gestão de riscos, pois o crescimento depende de estratégias firmes para controlar os processos internos. Assim, estes autores propõem o uso de ferramentas e técnicas para gerenciar a exposição aos riscos que sejam capazes de potencializar a redução destes e de acidentes de trabalho. Contribuindo para reduzir os danos, melhorar a saúde, e, o desempenho operacional dos colaboradores.

Sob essa ótica, tendo como foco aprimorar a eficiência produtiva e a segurança operacional de equipamentos do setor agroindustrial, mais especificamente de indústria beneficiadoras de grãos, este estudo tem foco em um equipamento de secagem de grãos, conhecido como extrator de umidade de substâncias granuladas. Esse equipamento é um



secador que tem função importante na eficiência de processamento de grãos, sendo o responsável por reduzir significativamente o teor de água nos alimentos, aumentando a pressão e, assim, dificultando a proliferação de microrganismos que aceleram sua decomposição.

Assim, este estudo teve por objetivo aplicar a Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA) em um secador industrial de disco a vácuo e levantar as principais falhas no sistema de operação contínua do secador industrial. A ferramenta FMEA analisa falhas considerando três fatores principais: Ocorrência (O), que avalia a frequência da falha; Severidade (S), que mede a gravidade do impacto; e Detecção (D), que avalia a capacidade de identificar a falha antes que cause problemas. Esses fatores são multiplicados para calcular o RPN (Número de Prioridade de Risco), que orienta as ações corretivas com base na criticidade das falhas identificadas. As falhas com maior RPN têm prioridade para correção, e os níveis de risco são classificados como baixo, médio ou alto, dependendo da pontuação obtida.

O estudo se justifica em vista da ocorrência significativa de falhas do equipamento durante seu funcionamento “normal” após inicialização. Além disso, pela FMEA é possível identificar e mapear, a partir de um item, todos os modos e efeitos de falha associados a esse item, o que pode contribuir diretamente para majorar a segurança operacional, dos recursos e a proteção de colaboradores. A ferramenta FMEA foi escolhida por ser preventiva, detalhada, quantitativa com cálculo de RPN, colaborativa e flexível, permitindo priorizar riscos com base na criticidade das falhas, facilitando ações práticas e antecipadas. Embora exija capacitação técnica para ser aplicada, é uma técnica com fácil implementação prática quando comparada a ferramentas mais complexas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesse tópico serão apresentados de forma breve os principais conceitos que levarão a um melhor entendimento do estudo abordado. Dessa forma, são apresentados os seguintes tópicos: (i) agroindústria; (ii) Gestão de riscos na agroindústria; (iii) Análise de risco; (iv) Manutenção Industrial; (v) Técnicas de priorização de riscos; e, (vi) FMEA.

2.1 Agroindústria

De acordo com Silva e Prezotto (2007), a definição de agroindústria envolve toda atividade que transforma ou beneficia matérias-primas de origem agrícola, pecuária, pesqueira,



aquícola, extrativista e florestal. Isso inclui desde processos simples, como secagem e embalagem, até mais complexos, como extração de óleos e fermentação, abrangendo também o artesanato rural.

Para Faveret Filho e Paula (2002), o conceito de agroindústria abrange atividades ligadas à agricultura e pecuária, além das indústrias de insumos, processamento, distribuição, e as indústrias de alimentos, bebidas e tabaco que se denominam como complexo agroindustrial.

Conclui-se que, ambos os autores destacam a amplitude do conceito de agroindústria, que inclui tanto o beneficiamento de matérias-primas quanto às atividades industriais associadas à agricultura e à pecuária. Eles concordam que o conceito vai além do campo, e envolve também os processos industriais, desde a transformação de matérias-primas até a distribuição dos produtos finais, abrangendo diversas etapas do sistema produtivo.

De acordo com Santos (2014), a agropecuária e a agroindústria são fundamentais para o Brasil, representando 22% do produto interno bruto - PIB (2014) e gerando milhões de empregos. Além disso, garantem a segurança alimentar e têm um impacto positivo na balança comercial, similar aos setores de petróleo e automobilístico.

Segundo o relatório do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), o PIB do agronegócio brasileiro apresentou redução de 2,20% no primeiro trimestre de 2024. Estima-se que a participação do setor fique próxima de 21,5% em 2024, abaixo dos 24,0% registrados em 2023. Na porcentagem da participação dos segmentos do PIB do agronegócio, na secção agroindústria obteve-se em março de 2024 a participação de 24,1% do total de porcentagem do agronegócio, sendo assim mesmo com a pequena redução ainda tem uma participação volumosa no PIB brasileiro.

2.2 Gestão de riscos na agroindústria

De acordo com a ABNT NBR ISO 31000 (2018), risco é o "efeito da incerteza nos objetivos", o que significa que ele pode ter tanto impactos positivos quanto negativos, dependendo do contexto em que ocorre. Moreira et al. (2010) define risco como o nível de incerteza em relação ao retorno esperado ou a possibilidade de ocorrerem perdas, que podem ser financeiras ou de outra natureza. Em outras palavras, o risco está ligado tanto à imprevisibilidade de obter um ganho quanto à chance de sofrer prejuízos.

Rabechini Junior e Carvalho (2013), Fadun (2013), Ozaki (2007) e Assi (2021)



complementam a ideia de que todos os setores econômicos enfrentam diferentes graus de riscos, portanto sendo a agroindústria um setor com grande potência econômica no Brasil ela sofre com diferentes riscos. Segundo Figueira (2021), no contexto de agroindústria, uma gestão eficiente dos riscos promove a estabilidade financeira, tornando os retornos mais previsíveis e aumentando a capacidade do setor de se adaptar, especialmente frente à volatilidade do mercado e às mudanças climáticas.

De acordo com Tamara (2014), os riscos na agroindústria são variados e estão relacionados principalmente às condições operacionais e ambientais das atividades realizadas, para mitigar esses riscos, ela propõe a implementação de um plano de ação que priorize a identificação e controle dos perigos, integrando a gestão de riscos às práticas organizacionais e melhorando a segurança e produtividade.

2.2.1 Análise de risco

A análise de riscos busca entender o risco e suas características, incluindo o nível de risco, quando aplicável. Ela considera incertezas, fontes de risco, consequências, probabilidades, eventos, cenários e a eficácia dos controles. Um evento pode ter várias causas e consequências, afetando diversos objetivos (ABNT, 2018). De Miranda Junior e Cutrim (2013) afirmam que embora a análise de risco em segurança do trabalho ainda seja limitada no Brasil, ela é fundamental para criar um sistema eficaz de gestão de riscos, capaz de diminuir acidentes e incidentes nas indústrias.

Para Machado e De Oliveira (2014), existem ferramentas de análise de risco, como *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Hazard and Operability Study* (HAZOP) e análise *What If* que facilitam o processo de decisão em ambiente industrial, e com elas essas ferramentas aplicadas e as avaliações de riscos concluídas, é viável realizar intervenções mais seguras nos processos industriais, o que aumenta a segurança dos funcionários e da comunidade e reduz as chances de um acidente ambiental.

De acordo com Cavalcanti (2017 apud Antão, 2014), as ferramentas de análise de riscos foram criadas para apoiar a tomada de decisões, avaliando a gravidade e a severidade dos riscos em determinado ambiente ou atividade. Isso visa evitar impactos negativos que os riscos ocupacionais possam causar às pessoas, ao meio ambiente e às instalações. Neto (1997, p. 592-597.), afirma que qualquer que seja o método escolhido para a análise de risco, sempre deve-se



ter em mente que este somente será eficaz se efetivamente contribuir para a melhoria da segurança do sistema e instalação.

2.2.2 Gerenciamento de risco

Gerenciar risco é tomar decisões baseadas na avaliação das incertezas, em um contexto de estrutura organizacional que suporta ações coordenadas para prevenir perdas financeiras, operacionais e de reputação (Galai, Mark e Crouhy, 2001). De acordo com Oliveira e Rocha (2014 apud Graeml, 1998), o gerenciamento de riscos não é uma ciência exata; na verdade, é uma combinação de bom senso, análise cuidadosa, percepção e intuição.

Para Reason (2016), a segurança e o gerenciamento de risco envolvem a identificação de falhas potenciais e a criação de barreiras ou defesas em múltiplos níveis para evitar que um único erro se torne uma falha sistêmica. O autor é conhecido por seu trabalho sobre segurança e erro humano, James Reason é o autor do modelo "queijo suíço", que ilustra como falhas em múltiplos níveis podem resultar em acidentes e erros operacionais. Na teoria do "queijo suíço" de James, as não conformidades são como "buracos" nas fatias de queijo, que representam as barreiras dos processos e suas falhas. Quanto mais fortalecemos essas barreiras, menor é o risco de problemas passarem por todos os "buracos" e causarem incidentes.

Conforme a ABNT ISO 31000 (2018), o gerenciamento de risco é a coordenação de atividades para direcionar e controlar uma organização em relação ao risco, por meio da identificação, avaliação e resposta contínua a ele. Com base na ABNT ISO 31000 (2018) é fundamental o desenvolvimento de ações de mitigação, complementando a ideia de Reason com a criação de barreiras de proteção, devemos desenvolver estratégias para minimizar o impacto dos riscos e monitorar continuamente os controles implementados para garantir que eles permaneçam eficazes.

Para Assi (2021), existe uma padronização de categorização de riscos, que facilita a adaptação cultural da organização com a ferramenta que se divide em quatro riscos macros, sendo eles estratégico, operacional, conformidade e financeiro. Por outra forma, as pessoas se orientam mais facilmente olhando cada uma para o seu processo e conseqüentemente auxiliando no gerenciamento de risco da organização. Alguns conceitos são citados no Quadro 1.

Quadro 1: Conceitos dos riscos macros

Riscos Macros	
Risco estratégico:	Refere-se a ameaças que podem afetar o alcance dos objetivos de curto, médio e longo prazo da organização;
Risco operacional:	Envolve falhas ou eventos que impactam os processos e atividades diárias, afetando a eficiência;
Risco de conformidade:	Relaciona-se ao descumprimento de leis, regulamentos e normas que podem resultar em sanções legais ou danos à reputação;
Risco financeiro:	Está ligado a perdas monetárias devido a fatores como variação de mercado, liquidez ou inadimplência etc.

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para cada categoria de risco, o autor traz mapa de risco, dicas e orientações. Conforme a Figura 1, do mapa de risco podemos verificar os principais termos de cada risco macro; o mapa de risco trata de um conjunto de elementos presentes nos ambientes de trabalho que podem causar danos à saúde dos trabalhadores, resultando em acidentes ou doenças ocupacionais. Para segurança de trabalho ele é um aliado que auxilia na identificação de possíveis riscos no ambiente.

Figura 1: Mapa de risco dos 4 riscos macros



Fonte: Assi (2021)

Além disso, como exemplo de orientação para risco operacionais, o autor destaca que deve se atentar aos seguintes segmentos: Qualidade, segurança alimentar, eficiência operacional, manutenção, infraestrutura, saúde e segurança do trabalho e entre outros. E depois, ele traz as subáreas dos riscos operacionais. Ou seja, ele fragmenta até que a padronização das nomenclaturas faça parte da cultura organizacional.



2.2.3 Manutenção

De acordo com Assi (2021) na gestão de risco operacional, a manutenção cobre vários tipos de falhas e riscos em processos, sistemas e infraestrutura que, se não controlados, podem causar interrupções ou aumentar custos. Essas falhas incluem problemas em equipamentos, falhas humanas e deficiências de processo.

Oliveira, Bonoro e Kloss (2020), define manutenção como conjunto de atividades para preservar, restaurar ou melhorar o desempenho de equipamentos e instalações, essencial para garantir sua durabilidade e bom funcionamento. Xavier (2005), descreve a manutenção como um conjunto de atividades que visa aumentar a confiabilidade e garantir a disponibilidade de equipamentos e sistemas.

Com base nas afirmações de Assi (2021), Oliveira, Bonoro e Kloss (2020), e Xavier (2005), podemos concluir que a manutenção tem um papel central na gestão de risco operacional, pois envolve um conjunto de atividades essenciais para prevenir e mitigar falhas e interrupções em processos, sistemas e infraestrutura. Sendo assim, a manutenção contribui diretamente para a minimização de riscos e para a estabilidade operacional, garantindo que os ativos estejam sempre em condições ideais de funcionamento.

De acordo com Lemos (2011), há diversos tipos de manutenção, com características distintas dependendo do tipo de intervenção nos ativos. Em sua obra, ele reúne diferentes referências de autores para exemplificar os tipos de manutenção, sendo os tipos mais comuns: manutenção corretiva (corretiva não planejada e corretiva planejada), manutenção preventiva, manutenção preditiva e engenharia de manutenção.

Lino (1994) define manutenção corretiva como manutenção realizada após uma falha, com o objetivo de fazer o equipamento funcionar novamente como esperado e divide-a em dois tipos, sendo a manutenção corretiva não planejada que é realizada após falha inesperada, causando aumento de custos devido a perdas operacionais, de qualidade, produtos e tempo ocioso de funcionários. E a manutenção corretiva planejada, realizada quando o desempenho do equipamento está abaixo do esperado, permitindo organizar recursos antes da intervenção, minimizando custos e riscos em comparação com paradas não planejadas.

Segundo a ABNT na Norma NBR 5462/1994 a manutenção preventiva é realizada em intervalos planejados ou conforme critérios específicos, com o objetivo de diminuir a chance



de falhas ou perda de desempenho de um equipamento; e a manutenção preditiva é a manutenção que busca garantir a qualidade, usando análise e monitoramento para reduzir ao máximo a manutenção preventiva e a corretiva.

Por fim, a engenharia de manutenção surgiu para atender à crescente demanda por prever falhas em equipamentos. Segundo Xavier (2005), a engenharia da manutenção envolve atividades para aumentar a confiabilidade e garantir a disponibilidade dos equipamentos, focando no planejamento de manutenção preventiva e na análise de falhas.

2.3 Técnicas de priorização de riscos

No cenário atual, as empresas enfrentam ambientes de intensa competitividade, o que torna essencial reconhecer a importância dos riscos que estes ambientes representam, sendo necessário criar ferramentas e técnicas eficazes para gerenciar a exposição a esses riscos. (Webwe, 2016 apud Longo, 2012). Na obra de Dinizio (2020), ele refere-se a autores que afirmam que para as empresas se manterem competitivas, elas precisam revisar seus conceitos e adotar uma gestão de riscos eficaz, pois o crescimento depende de estratégias sólidas para controlar os processos operacionais.

Os dois autores conectam-se ao abordar a importância do uso de técnicas e gestão de riscos para a competitividade das empresas. Mostram-se que a capacidade de competir e crescer no mercado depende tanto da identificação dos riscos inerentes ao ambiente externo quanto da implementação de estratégias práticas para gerenciá-los internamente. As empresas podem perder oportunidades de crescimento e enfrentar dificuldades em um mercado competitivo se não estiver integrada com a abordagem de gestão de riscos.

Dinizio (2020) menciona técnicas de priorização de riscos, como Análise Preliminar de Riscos (APR), *Hazard and Operability Studies* (HAZOP) e a *Fail Mode & Effect Analysis* (FMEA) ou em português Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE), que auxiliam nas decisões dos gestores, especialmente na implementação de medidas que previnam problemas potenciais, visando diminuir impactos na produção, na segurança dos trabalhadores e na preservação dos equipamentos.

As técnicas APR e o HAZOP são amplamente usados para identificar e priorizar riscos nos postos de trabalho, classificando-os por gravidade e probabilidade, o que facilita decisões e estratégias de mitigação. A FMEA é destacada pela eficácia em identificar falhas potenciais



nos processos, priorizando ações preventivas para reduzir riscos e evitar acidentes.

2.3.1 Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA)

De acordo com Bonanoni et al. (2010), a ferramenta FMEA surgiu em 1949 para avaliar equipamentos usados pelo exército dos EUA. Nos anos 60, a NASA aprimorou essa técnica durante o projeto Apollo, incorporando métodos para identificar e classificar, de forma sistemática, possíveis falhas em produtos ou processos preventivamente. Atualmente, é amplamente aplicada em setores como as indústrias química, alimentícia, ambiental etc.

Segundo Savich e Glushkov (2021), a análise de modos e efeitos de falha (FMEA) é eficaz por reunir especialistas para definir riscos, efeitos e ações preventivas e corretivas. No entanto, enfrenta limitações, como incertezas e a escolha do evento corretivo mais adequado entre os sugeridos.

Para Schmitt e Lima (2016), a FMEA corresponde a dois estágios. Sendo o primeiro estágio, ao qual são identificados possíveis modos de falha de um produto ou processo e seus impactos negativos. No segundo estágio, as equipes de engenharia que aplicaram a FMEA, avaliam o nível crítico dessas falhas (pontuação de risco) e as priorizam. A falha mais crítica será a primeira na lista e terá prioridade para ações de melhoria.

Para Kang et al. (2017) a FMEA usa três fatores para definir a prioridade das falhas: ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D). A ocorrência indica a frequência da falha, a severidade representa a gravidade de seu impacto, e a detecção é a capacidade de identificar a falha antes que chegue ao cliente. O Quadro 2 detalha os critérios dos índices de Ocorrência (O), Severidade (S) e Detecção (D), que são utilizados na aplicação e análise da FMEA.

Quadro 2: Índices utilizados na aplicação da FMEA

Índice de Ocorrência (O)		Índice de Severidade (S)		Índice de Detecção (D)	
Avaliação	Pontuação	Avaliação	Pontuação	Avaliação	Pontuação
Mínima	1	Mínima	1	Alta	1
Baixa	2 a 3	Baixa	2 a 3	Moderada	2 a 3
Moderada	4 a 6	Moderada	4 a 6	Pequena	4 a 6
Alta	7 a 8	Grave	7 a 8	Muito Pequena	7 a 8
Muito Alta	9 a 10	Gravíssima	9 a 10	Remota	9 a 10

Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2009)



Para a FMEA aplica-se o RPN (Número de Prioridade de Risco) para priorizar falhas com maior potencial de impacto, calculado pelo produto dos fatores O, S e D. Com o RPN, as causas das falhas são priorizadas, direcionando as ações do gestor. Após o cálculo da multiplicação entre os fatores é obtido o score de cada risco, pelo qual deve-se considerar a sua avaliação, conforme o Quadro 3.

Quadro 3: Avaliação do RPN conforme a pontuação

Avaliação	Pontuação
Baixo	1 a 70
Médio	71 - 300
Alto	301 a 1000

Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2009)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesse tópico são apresentadas as características desta pesquisa, sua classificação e abordagem. Além disso, é evidenciado o local de estudo e as técnicas de pesquisa que foram utilizadas para execução desta.

3.1 Caracterização da pesquisa

Esse trabalho quanto a sua finalidade é considerado de natureza aplicada, pois seu objetivo principal é gerar conhecimentos cabíveis na prática, com foco na resolução de problemas, trazendo melhorias aplicáveis para postos de trabalhos específicos. Para Da Silva (2005), a pesquisa de natureza aplicada tem por objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigido à solução de problemas específicos. De acordo com Gil (2008), quanto ao nível de pesquisa, a pesquisa exploratória é realizando para esclarecer, desenvolver e modificar ideias, propondo uma formulação de problemas mais preciso. Sendo assim, este estudo é caracterizado também como uma pesquisa exploratória, pois foca na coleta de dados que podem ser observados e medidos, validando-se por meio de experiências práticas e buscando resultados passíveis de reprodução.

Quanto à abordagem do problema, é classificada como uma pesquisa qualitativa, pois não requer uso de técnicas estatísticas de porcentagens, média, moda, mediana, dentre outras. Segundo Rodrigues e Limena (2006), a abordagem qualitativa não emprega procedimentos



estatísticos, ela é usada para explorar questões complexas, como comportamentos, opiniões e atitudes. Permite que o pesquisador intérprete dados, fatos, teorias e relações entre variáveis a fim de gerar suas conclusões com base nas premissas.

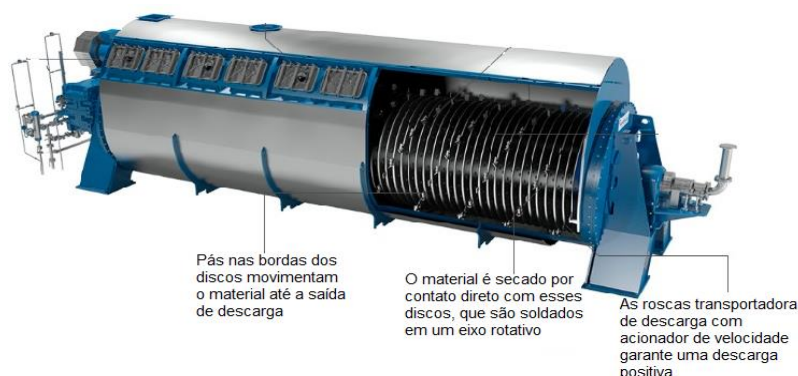
3.2 Contextualização do local de estudo

O estudo foi realizado em uma empresa do ramo de agronegócio com atuação no segmento alimentício no Brasil. Trata-se de uma fábrica beneficiadora de grãos, que produz proteínas de soja no estado do Mato Grosso do Sul. A aplicação do estudo foi destinada ao setor de setor de Proteína de Soja Concentrada (SPC), que tem como objetivos principais, aumentar o teor de proteína da soja e diminuir fatores antinutricionais da soja. Para isso é utilizado o secador industrial para diminuir a umidade do farelo de soja, em que este é o produto do processo.

A fábrica beneficiadora de grãos no setor SPC possui dois secadores industriais, mas este estudo concentrou-se no secador de disco a vácuo. O equipamento é fabricado pela Haarslev Industries LTDA, seu modelo é 2264-HM, tem a capacidade de produção de até 15.000 kg/h; seu consumo de água é de 12 nom mex 20L/min; seu consumo máximo de vapor é 8500-8700 kg/h; seu peso máximo de funcionamento é 140.000 kg; possui disco com espessura de 10,00mm e superfície de aquecimento de 405 m².

A pressão máxima permitida para o secador de disco é de até 10 bar, sendo a sua pressão nominal de secagem de 0.3 bar e a pressão mínima de 0.25 bar/ pico 0.2 bar. A sua temperatura de secagem é de aproximadamente 70° C. O ruído de fundo medido no local do secador pode chegar ao pico de 80 dB, sendo necessário o uso de protetores de ouvido. E sua representação pode ser observada na Figura 2.

Figura 2: Equipamento secador de disco a vácuo



Fonte: Adaptado de Haarslev Industries (2024).

O secador de disco a vácuo permite o total controle dos processos, aumentando a produtividade e a qualidade do produto. O secador de disco industrial horizontal continua sendo amplamente utilizado na indústria devido à sua robustez e durabilidade. Com o passar do tempo, verificou-se que sua vida útil pode alcançar até 30 anos. A construção em aço inoxidável contribui para a longevidade do equipamento, além de proporcionar resistência à corrosão.

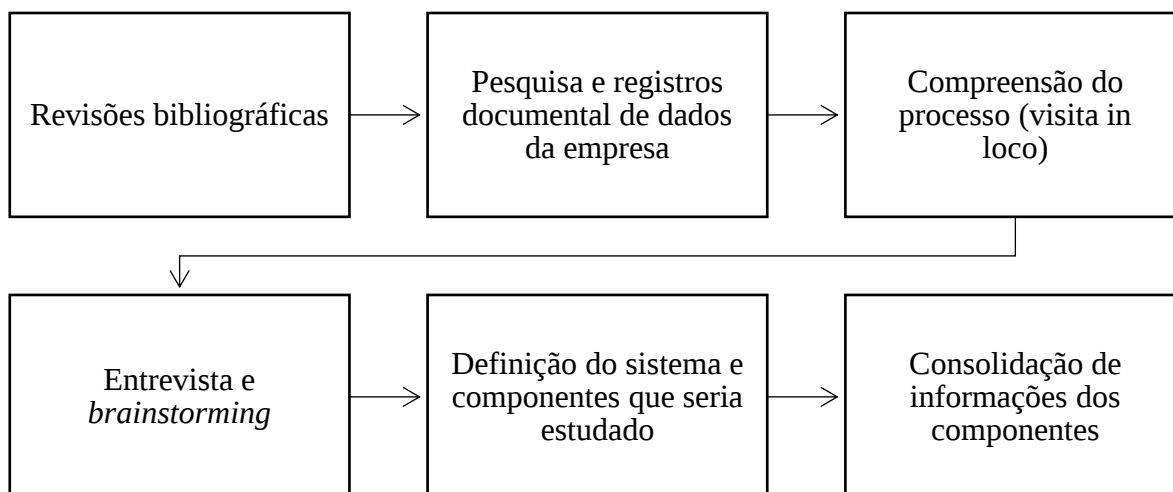
3.3 Procedimentos técnicos

Quanto aos procedimentos técnicos adotados, conforme a Figura 3, para este trabalho foram utilizadas revisões bibliográficas dos assuntos que estavam correlacionados à aplicação da ferramenta de análise de modos de falha e efeitos; pesquisa e registros documental de dados da empresa, com informações sobre planta, processo e equipamentos estudado através de consultas ao manual do equipamento fornecido pela empresa responsável e análise dos tempos de paradas no processo devido a falhas no secador industrial, através de softwares utilizados pela própria empresa; compreensão do processo através de visita in loco, com 6 entrevistas e 4 reuniões de *brainstorming* com uma equipe multidisciplinar da empresa composta por: quatro operadores de produção, um operador eletricista, um operador mecânico, um supervisor e um engenheiro de processos;

Durante as reuniões de *brainstorming* com a equipe multidisciplinar, foi definido que o objeto foco do estudo fosse o sistema de operação contínua do secador industrial e seus componentes que já apresentavam falhas registradas ou recordadas. Identificamos e registramos os componentes que formam o sistema de operação contínua e analisamos seu funcionamento. Para aprofundar o estudo e obter uma visão completa, realizamos entrevistas com operadores

das equipes de manutenção mecânica e elétrica. Essas conversas nos ajudaram a consolidar e validar as informações obtidas, garantindo precisão e uma compreensão detalhada do sistema.

Figura 3: Fluxograma dos procedimentos adotados



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse tópico são apresentados detalhadamente a situação encontrada e a discussão dos resultados após a análise dos dados, baseando-se na literatura pesquisada e aplicação da ferramenta de prioridade de riscos.

4.1 Situação encontrada

Após a entrevista com a equipe multidisciplinar foi levantada que a principal dificuldade com o equipamento é durante a sua operação, ou seja, depois que foi realizada a sua inicialização, temos como o foco o sistema de operação contínua do secador industrial. Para dar início foi necessário conhecer minuciosamente as etapas de operabilidade do sistema, e avistou que cada colaborador tem uma visão diferente de operar o equipamento durante seu funcionamento normal, partindo desse pressuposto foi necessário a criação de um fluxograma.

Durante a inicialização, o farelo SPC é descarregado por meio de configuração de trava a vácuo, consistindo em duas válvulas e uma câmara entre as válvulas. Elas são sequenciadas de tal modo que uma válvula é aberta enquanto a outra é fechada. Posteriormente o vácuo é puxado da câmara com o ejetor de evacuação do secador a vácuo, permitindo que nenhum sopro



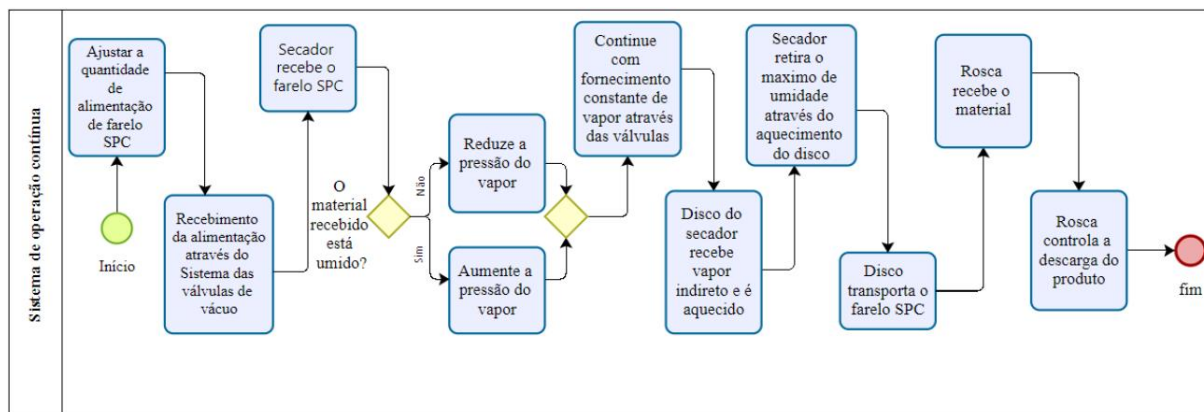
de gases entre no secador a vácuo e equalizando a pressão em ambos os lados das válvulas antes da abertura. A sequência de abertura/fechamento das válvulas é automaticamente controlada pelo controlador lógico programável (CLP). E o operador de produção manuseia as válvulas pelo supervisão operacional ou também conhecido como centro de controle operacional.

O secador de disco a vácuo é aquecido através de vapor indireto com orientação horizontal, na sua inicialização os dois componentes principais são um eixo horizontal com números de discos aquecidos e um estator que funciona como bacia com saída de descarga controlada na extremidade de descarga de sólidos. A descarga é controlada pelo parafuso de descarga do secador a vácuo (rosca) ou transportador de descarga.

Em seguida da inicialização, para o funcionamento normal do secador a quantidade de alimentação de farelo SPC deve ser ajustada de modo que o fluxo seja o mais constante possível. Em processo contínuo as válvulas de vácuo recebem essa alimentação para abastecer o secador industrial, logo depois caso o farelo SPC esteja muito úmido (conforme os parâmetros da empresa), aumenta a quantidade de vapor que está sendo utilizado para aquecer ou se estiver muito seco, reduz a quantidade de vapor e consequentemente a pressão de vapor. Esses ajustes de vapor são feitos ao longo do processo e o efeito não é visível em tempo real, somente depois, em média 3 horas total que o produto percorre pelo secador industrial.

Sendo assim, é necessário manter constante o fornecimento de vapor através da válvula que aquece o disco, fazendo com que o secador remova até 80% do teor de umidade do produto. Os discos fazem com que haja movimento mecânica circular desses materiais para total secagem, diante do exposto durante o sistema contínuo de operação o secador é aquecido pelo o vapor indireto e transportado pela a rotação do eixo horizontal de disco para a rosca helicoidal transportadora de descarga. O número de rotações pode ser ajustado sobre o parafuso de descarga (rosca) de acordo com o teor de umidade do material; durante e após a saída do material é realizado o monitoramento de temperatura e pressão de vapor e gases. Sempre atentar ao fluxo do sistema de operação contínua do funcionamento normal do secador industrial para não sobrecarregar o motor. Em resumo, para melhor entendimento foi criado o fluxograma a seguir na Figura 4.

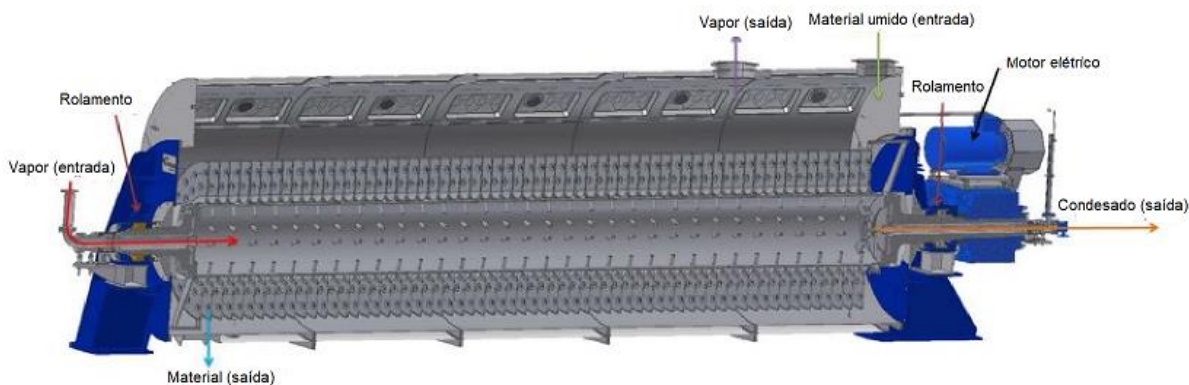
Figura 4: Fluxograma do sistema de operação contínua do secador industrial



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Com entendimento sobre o funcionamento e relevância do equipamento, tornou-se necessário aprofundar o conhecimento sobre seus componentes. Para isso, além das conversas com os colaboradores, também foi utilizado o método de consulta ao manual de funcionamento do equipamento, fornecido pela empresa responsável por seu projeto. A Figura 5, demonstra alguns componentes principais.

Figura 5: Secador de disco a vácuo



Fonte: Adaptado de Haarslev Industries (2024)

Com a colaboração da equipe multidisciplinar e com base no histórico de manutenção registrado ao longo de um ano, foram definidos os componentes do sistema a serem analisados por meio da ferramenta FMEA. Utilizando o fluxograma apresentado na Figura 4 e o conhecimento técnico do sistema, iniciou-se o levantamento de possíveis falhas, suas causas e os riscos associados. Ao todo, foram selecionados 12 componentes para estudo registrado com sua função modo de falha, efeito de falha e causa de falha, conforme o Quadro 4.



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Quadro 4: Análise dos componentes

(Continua)

	Componente	Função	Modo de Falha	Efeito de falha	Causa de Falha
1	Motor de acionamento do secador	Movimenta as partes mecânica que permitem o fluxo de ar e a secagem uniforme dos materiais.	Motor parar durante a operação	Secador não entra em operação	Sobrecarga no sistema mecânico
					Falha no fornecimento de energia elétrica
					Efeito em cascata causado por interdependência operacional
2	Bomba de lubrificação	Distribuir lubrificante nas partes móveis para reduzir atrito e desgaste.	Falha na bomba fazendo com que os componentes do secador sofrem danos	Superaquecimento	A falta de lubrificação reduz a dissipação de calor
				Desgaste acelerado, podendo levar a quebra ou travamento do sistema	Sem lubrificação adequada os rolos e mancais se desgastam mais rapidamente
			Falha na bomba com a interrupção da operação do secador	Desligamento emergencial do secador	Falta de inspeção e lubrificação adequada
3	Bomba de vácuo	Remove o ar e a umidade, criando um ambiente de baixa pressão para acelerar a secagem dos materiais.	Interrupção da bomba com aumento no tempo de secagem	Incapacidade de gerar o vácuo ideal ao qual prolonga o processo	Funcionamento fora de parâmetros
					Monitoramento de condições (pressão, temperatura e desempenho)
			Falha na bomba com acúmulo de umidade ou resíduos no secador	Aumento do risco de corrosão e desgaste dos componentes internos	Sensores de pressão defeituosos
					Devido a sobrecarga
4	transportador helicoidal de descarga	Mover materiais de forma contínua para a saída do secador.	Parar de transportar material	Interrupção da operação contínua do secador	Falhas mecânicas
					Sobrecarga durante a operação (excesso de produto na calha)
5	Válvula de alimentação de vapor	Controla a entrada de vapor no secador, regulando a quantidade de calor necessário para o processo de secagem.			Falha operacional (Operador não conhece os limites do equipamento)
			Vazamentos	Aumento no consumo de vapor (rendimento do kpi aumenta)	Falta de inspeções regulares e substituição de peças desgastadas
			Falha do atuador elétrico ou pneumático	Interrupção da operação contínua do secador	Falha no sistema de controle ou falha mecânica



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Quadro4: Análise dos componentes

(Conclusão)

6	Válvula de linha de ar comprimido	Controla o fluxo e a pressão de ar comprimido para os sistemas pneumáticos do secador.	Vazamentos	Corrosão no equipamento	Desgaste de vedações, juntas e/ou peças
				Presença de condensado que bloqueia o ar	Falta de inspeções regulares
			Falha do atuador elétrico ou pneumático	O atuador não opera a válvula e o secador trava	Falta de monitoramento em tempo real para detectar falhas no funcionamento
7	Válvula de vapor de emergência	Libera vapor em excesso para evitar danos e garantir segurança.	Abrir/ fechar de forma inadequada devido ao erro humano	Danos severos à estrutura da instalação	Obsolescência de treinamento
			Falha devido ao desgaste ao longo do tempo	Interrupção da operação contínua do secador	Falta de monitoramento contínuo
					Falta de testes funcionais periódicos
8	Coletor de vapor	Captura e reúne o vapor, controlando a pressão para uma área segura ou para ser condensado melhorando a	Coletor ficar bloqueado	Acúmulo de resíduos e incrustações	Drenagem inadequada do condensado
				Comprometimento do funcionamento do secador	Pressão elevada no sistema
9	Controlador de temperatura	Monitora e ajusta automaticamente a temperatura do secador.	Falha no atuador de controle	Temperatura fora dos limites desejados	Calibração incorreta do sensor
				Possível dano ao secador	Falta de verificar os dados em tempo real
10	Acoplamento hidráulico	Transmite potência e proporciona partidas suaves em máquinas com grande inércia.	Vazamento de fluido	Interrupção da operação contínua do secador	Conexões mal apertadas ou desgastadas
				Superaquecimento e degradação do acoplamento	Fissuras no corpo do acoplamento
11	Junta de vedação de ar	Impede vazamentos de ar comprimido, garantindo eficiência	Vazamento de ar comprimido	Secador não entra em operação	Falta de teste de vazamento
					Ressecamento, a deformação ou a corrosão da junta
12	Junta de vedação de vapor	Evita vazamentos de vapor, garantindo eficiência e segurança.	Vazamento de vapor	Secador não entra em operação	Falta de teste de vazamento
					Ressecamento, a deformação ou a corrosão da junta

Fonte: Elaborado pela autora (2024)



4.2 Discussão dos resultados

Após identificar os modos, efeitos e causas de falha para cada componente analisado, foram discutidos os critérios para determinar os índices de ocorrência, severidade e detecção, visando a elaboração da tabela FMEA. O índice de ocorrência foi classificado como baixa, moderada e alta para todos os casos, visto que as falhas no equipamento são relevantes, mas apresentam frequência controlável, impossibilitando que houvesse um índice de ocorrência muito alto.

O índice de severidade, foi considerado de moderada a gravíssima, pois os componentes avaliados todos têm um impacto diretamente no funcionamento do equipamento, resultando na paralisação da linha de produção mesmo que seja por período curto, por isso a avaliação do índice de severidade baixa ou mínima foi desconsiderado. O índice de detecção foi definido com base nos registros históricos da empresa de ordem de serviço com suas observações e nos relatos dos colaboradores sobre as dificuldades de identificá-los, ele foi o único índice que utilizou todos os tipos de avaliação desde remota a alta para todos os casos.

Após a definição dos valores para cada índice, a tabela FMEA foi completamente preenchida, os cálculos do RPN foram realizados e as ações recomendadas foram estabelecidas, conforme apresentado na Tabela 1.



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Tabela 1: Aplicação da ferramenta FMEA

(Continua)

FMEA de Processo

Equipamento	Secador industrial de disco à vácuo						
Subsistema:	Sistema de operação contínua do secador industrial						
Fabricante:	Haarslev Industries LTDA						
Modelo:	Secador de disco 2264-HM						
Fornecedor Externo Afetado:	Sim	x	Não	Ano Fabricação:	2014	Data Original do FMEA:	19/11/2024
						Cronograma de Produção :	2300kg/h
						Revisão:	

Componente	Função	Modo de Falha	Efeito de falha	Causa de Falha	O	S	D	RPN	Ações Recomendadas
1	Motor de acionamento do secador	Motor parar durante a operação	Secador não entra em operação	Sobrecarga no sistema mecânico	3	4	2	24	
				Falha no fornecimento de energia elétrica	2	4	2	16	
				Efeito em cascata causado por interdependência operacional	6	4	1	24	
2	Bomba de lubrificação	Falha na bomba fazendo com que os componentes do secador sofram danos	Superaquecimento	A falta de lubrificação reduz a dissipação de calor	2	8	8	128	Realizar acompanhamento das manutenções preventivas (inclusive a lubrificação diária) e checagem da planilha diária de lubrificação
			Desgaste acelerado, podendo levar a quebra ou travamento do sistema	Sem lubrificação adequada os rolos e mancais se desgastam mais rapidamente	2	4	8	64	
		Falha na bomba com a interrupção da operação do secador	Desligamento emergencial do secador	Falta de inspeção e lubrificação adequada	2	4	2	16	
3	Bomba de vácuo	Interrupção da bomba com aumento no tempo de secagem	Incapacidade de gerar o vácuo ideal ao qual prolonga o processo	Funcionamento fora de parâmetros	5	4	1	20	
				Monitoramento de condições (pressão, temperatura e desempenho)	2	6	1	12	
		Falha na bomba com acúmulo de umidade ou resíduos no	Aumento do risco de corrosão e desgaste dos componentes internos	Sensores de pressão defeituosos	3	5	5	75	Realizar inspeção, calibração e manutenção dos sensores.
				Devido a sobrecarga	8	4	2	64	
				Falhas mecânicas	7	4	2	56	



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Tabela 1: Aplicação da ferramenta FMEA

(Continuação)

4	transportador helicoidal de descarga	Mover materiais de forma contínua para a saída do secador.	Parar de transportar material	Interrupção da operação contínua do secador	Sobrecarga durante a operação (excesso de produto na calha)	8	4	6	192	Realizar investigação através da manutenção corretiva planejada, e antes de aumentar a produção fazer análise do fluxo de processo com os procedimentos de operação.
				Falha operacional (Operador não conhece os limites do equipamento)		2	4	2	16	
5	Válvula de alimentação de vapor	Controla a entrada de vapor no secador, regulando a quantidade de calor necessário para o processo de secagem.	Vazamentos	Aumento no consumo de vapor (rendimento do kpi aumenta)	Falta de inspeções regulares e substituição de peças desgastadas	2	4	4	32	
			Falha do atuador elétrico ou pneumático	Interrupção da operação contínua do secador	Falha no sistema de controle ou falha mecânica	8	4	1	32	
6	Válvula de linha de ar comprimido	Controla o fluxo e a pressão de ar comprimido para os sistemas pneumáticos do secador.	Vazamentos	Corrosão no equipamento	Desgaste de vedações, juntas e/ou peças	8	4	7	224	Realizar manutenção corretiva não planejada com troca de peças necessárias.
				Presença de condensado que bloqueia o ar	Falta de inspeções regulares	2	4	1	8	
			Falha do atuador elétrico ou pneumático	O atuador não opera a válvula e o secador trava	Falta de monitoramento em tempo real para detectar falhas no funcionamento	6	5	2	60	
7	Válvula de vapor de emergência	Libera vapor em excesso para evitar danos e garantir segurança.	Abrir/ fechar de forma inadequada devido ao erro humano	Danos severos à estrutura da instalação	Obsolescência de treinamento	2	8	2	32	Realizar instalação de sistema automático para monitoramento contínuo com alerta de abertura ou fechamento da válvula manual
					Falta de monitoramento contínuo	3	10	4	120	
			Falha devido ao desgaste ao longo do tempo	Interrupção da operação contínua do secador	Falta de testes funcionais periódicos	2	4	5	40	
8	Coletor de vapor	Captura e reúne o vapor, controlando a pressão para uma área segura ou para ser condensado	Coletor ficar bloqueado	Acúmulo de resíduos e incrustações	Drenagem inadequada do condensado	2	9	4	72	Utilizar procedimento operacional padrão para uma drenagem adequada do condensado, evitando acúmulo de resíduos.
				Comprometimento do funcionamento do secador	Pressão elevada no sistema	3	9	3	81	



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Tabela 1: Aplicação da ferramenta FMEA

(Conclusão)

9	Controlador de temperatura	Monitora e ajusta automaticamente a temperatura do secador.	Falha no atuador de controle	Temperatura fora dos limites desejados Possível dano ao secador	Calibração incorreta do sensor Falta de verificar os dados em tempo real	2	6	5	60	Reforçar a inspeção semanal feita pelo o inspetor da manutenção, e realizar a manutenção preventiva evitando vazamentos.
10	Acoplamento hidráulico	Transmite potência e proporciona partidas suaves em máquinas com grande inércia.	Vazamento de fluido	Interrupção da operação contínua do secador	Conexões mal apertadas ou desgastadas	2	8	5	80	
				Superaquecimento e degradação do acoplamento	Fissuras no corpo do acoplamento	2	8	4	64	
11	Junta de vedação de ar	Impedir vazamentos de ar comprimido, garantindo eficiência.	Vazamento de ar comprimido	Secador não entra em operação	Falta de teste de vazamento	2	7	3	42	
					Ressecamento, a deformação ou a corrosão da junta	2	4	7	56	
12	Junta de vedação de vapor	Evita vazamentos de vapor, garantindo eficiência e segurança.	Vazamento de vapor	Secador não entra em operação	Falta de teste de vazamento	2	7	3	42	
					Ressecamento, a deformação ou a corrosão da junta	2	4	7	56	

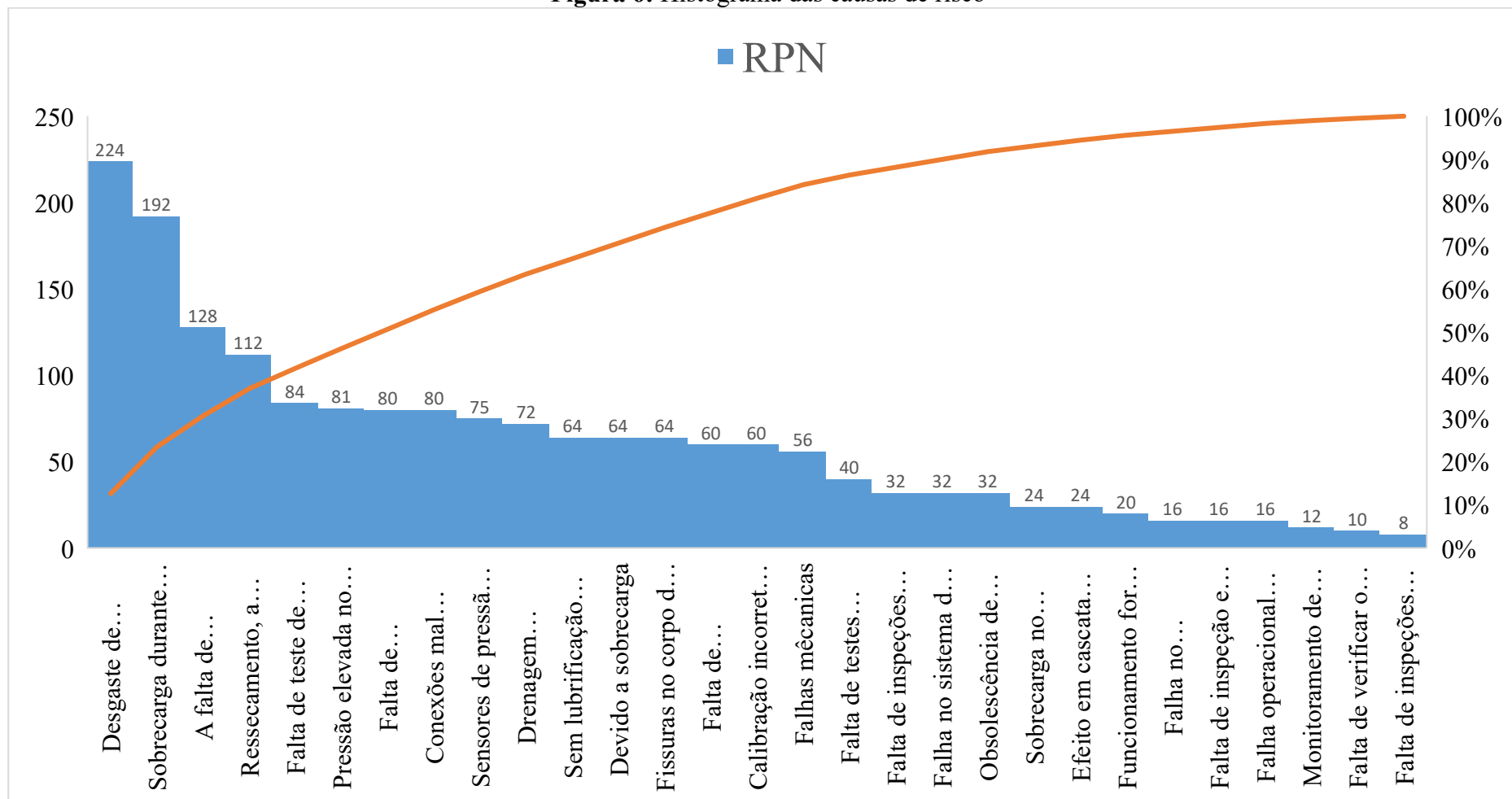
Índice de Ocorrência (O)		Índice de Severidade (S)		Índice de Detecção (D)		Riscos (RPN)		Participantes	
Avaliação	Pontuação	Avaliação	Pontuação	Avaliação	Pontuação	Avaliação	Pontuação	Nome	Função
Mínima	1	Mínima	1	Alta	1	Baixo	1 a 70	Felipe, Julio, Lucas e Aislan	Operador de produção
Baixa	2 a 3	Baixa	2 a 3	Moderada	2 a 3	Médio	71 - 300	João	Operador eletricitista
Moderada	4 a 6	Moderada	4 a 6	Pequena	4 a 6	Alto	301 a 1000	José	Operador mecânico
Alta	7 a 8	Grave	7 a 8	Muito Pequena	7 a 8			Vitor	Supervisor
Muito Alta	9 a 10	Gravíssima	9 a 10	Remota	9 a 10			Thomaz	Engenheiro de processos

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Posteriormente, foi elaborado um histograma, de acordo com a Figura 6, com a ponderação da percentagem total das causas de falhas para o sistema de operação contínua do secador industrial, possibilitando a melhor observação das principais falhas que deverão estabelecer ações recomendadas.



Figura 6: Histograma das causas de risco



Fonte: Elaborado pela autora (2024)



Conforme a Figura 6, após a observação de 8 causas com maiores score de RPN e com avaliação de risco médio, foram estabelecidas as seguintes ações: (i) realizar manutenção corretiva não planejada com troca de peças necessárias; (ii) Realizar investigação através da manutenção corretiva planejada, e antes de aumentar a produção fazer análise do fluxo de processos com os procedimentos de operação; (iii) Realizar acompanhamento das manutenções preventivas (inclusive a lubrificação diária) e checagem da planilha diária de lubrificação;

Por conseguinte, (iv) Realizar instalação de sistema automático para monitoramento contínuo com alerta de abertura ou fechamento da válvula manual e/ou transformar a válvula manual em automática, diminuindo a porcentagem de erro humano; (v) Propor o uso de funcionamento dentro dos parâmetros de fábrica do secador, que consequentemente diminui a pressão e aumenta a eficiência e segurança; (vi) Reforçar a inspeção semanal feita pelo o inspetor da manutenção, e realizar a manutenção preventiva evitando vazamentos; (vii) Realizar inspeção, calibração e manutenção dos sensores; e (viii) Utilizar procedimento operacional padrão para uma drenagem adequada do condensado, evitando acúmulo de resíduos. Essas ações elaboradas servirão como sugestões para melhoria e recomendações para ações corretivas/preventivas dos componentes do secador de disco a vácuo.



5 CONCLUSÃO

O uso da técnica de priorização de riscos *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) permite identificar de forma clara os modos de falha, seus efeitos e as causas no sistema de operação contínua do secador de disco a vácuo. O secador industrial não é apenas um equipamento de simples operação, ele exige atenção constante durante o funcionamento para evitar explosões.

Identificar falhas precocemente é crucial, pois, caso o equipamento opere em condições inadequadas por um período prolongado, pode resultar em danos irreparáveis ao produto processado e comprometer seriamente a segurança do ambiente de trabalho e colaboradores. Assim, a manutenção preventiva e o monitoramento contínuo de suas condições de operação são indispensáveis para garantir a eficiência e evitar riscos maiores.

O estudo ressaltou, como principal resultado, a importância da aplicação da FMEA de processo para reconhecer e reduzir riscos em sistemas industriais, contribuindo para a maior confiabilidade do equipamento e assegurando segurança e eficiência na operação. A falha de maior risco identificada foi na válvula de linha de ar comprimido, outras falhas com riscos um pouco menores respectivamente, mas ainda significativos, foram identificadas no transportador helicoidal de descarga, bomba de lubrificação, válvula de vapor de emergência, coletor de vapor, acoplamento hidráulico e bomba de vácuo que requerem atenção devido aos danos potenciais que podem causar.

Diante do exposto, pode-se concluir que o estudo alcançou seu objetivo principal que conduziu-se para a aplicação da Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA) em um secador industrial de disco a vácuo e levantar as principais falhas no sistema de operação contínua do secador industrial e com aplicação da ferramenta o setor deverá rever a sua manutenção e confiabilidade industrial, mesmo que esteja sendo utilizada deve ser estabelecidas novas técnicas para evitar possíveis avarias no sistema e consequências de danos severos. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a realização de estudos mais aprofundados sobre a aplicação da FMEA de processo em outros sistemas industriais no setor, bem como a aplicação de outras ferramentas de confiabilidade que possam ser utilizadas na manutenção industrial.



REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR ISO 31000:2018**: Gestão de riscos – Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em: <https://abrir.link/BGhvc>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ASSI, Marcos. Gestão de riscos com controles internos. **Saint Paul Editora**, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5462: Engenharia de segurança: terminologia. Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: <https://ufsb.edu.br/propa/images/dinfra/coman/Legisla%C3%A7%C3%B5es/NBR-5462.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2024.

BONANOMI, Roberto Carlos et al. Aplicação da teoria grey e FMEA–análise dos modos de falha e efeitos na priorização de riscos de projetos de desenvolvimento de software produto. **Revista Gestão Industrial**, v. 6, n. 4, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Exportações do agronegócio fecham 2023 com US\$ 166,55 bilhões em vendas**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-fecham-2023-com-us-166-55-bilhoes-em-vendas>. Acesso em: 01 nov. 2024.

CAVALCANTE, Danival Souza. Auditoria, Compliance e Controladoria como Instrumentos da Gestão de Riscos Organizacional: um estudo bibliométrico em eventos científicos das áreas de. **XLVI Encontro da ANPAD - EnANPAD 2022**.

CAVALCANTI, Giseli Lopes Correia; LAGO, Eliane Maria Gorga; JUNIOR, Béda Barkokébas. Sistemática para análise de risco de saúde e segurança do trabalho em estações elevatórias de água. **Revista Produção Online**, v. 17, n. 1, p. 108-132, 2017.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx#:~:text=Com%20base%20nesse%20desempenho%2C%20o,do%20primeiro%20trimestre%20de%202024>. Acesso em: 01 nov. 2024.

DA SILVA, Edna Lucia; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. **UFSC, Florianópolis**, 4a. edição, v. 123, n. 4, p. 138, 2005.

DE MIRANDA JUNIOR, Edson Jansen Pedrosa; CUTRIM, Sergio Sampaio. **Análise de risco aplicada à segurança do trabalho na indústria de petróleo e gás**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. Anais [...]. Salvador: ABEPRO, 2013. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_stp_180_028_22911.pdf. Acesso em: 20 nov. 2024.

DINIZIO, Maria da Conceição Dantas et al. FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE RISCOS NA ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO: UM ESTUDO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Ideias e Inovação-Lato Sensu**, v. 5, n. 3, p. 83-83, 2020.



FADUN, Olajide Solomon. Risk management and risk management failure: Lessons for business enterprises. **International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences**, v. 3, n. 2, p. 225-239, 2013.

FAVERET FILHO, Paulo de Sá Campello; PAULA, Sérgio Góes de. **A agroindústria**. 2002.

FIGUEIRA, Filipe Gil Corrêa. **Mecanismos de Gestão de Risco na Agricultura: Enfoque nos Seguros Agrícolas com Vista à Análise Crítica da Legislação Vigente**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2021. Disponível em: https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/23617/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Filipe_Figueira_email24022021.pdf. Acesso em: 20 nov. 2024.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1a Ed. Rio de Janeiro: Campus- Elsevier, 2009.

GALAI, Dan; MARK, Robert; CROUHY, Michel. **Risk management: comprehensive chapters on market, credit, and operational risk**. New York: McGraw-Hill, 2001.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

HAARSLEV INDUSTRIES. **Disc Dryer**. Disponível em: <https://pt.haarslev.com/products/disc-dryer-2/>. Acesso em: 18 nov. 2024.

KANG, J.; SUN, L.; SUN, H.; WU, C. Risk assessment of floating offshore wind turbine based on correlation-FMEA. **Ocean Engineering** 129, 382-388, 2017.

LEMOES, Mateus Albernaz; ALBERNAZ, C. M.; CARVALHO, Rogerio Atem de. Qualidade na manutenção. **XXXI ENEGEP**, v. 31, 2011.

LINO, André Da Silva. **Gestão da manutenção**. 1994.

MACHADO, Janice Beatriz; DE OLIVEIRA, Leandro. Como a percepção das ferramentas de análise de risco facilitam o processo de decisão em ambiente industrial. **8º Entec-Encontro de Tecnologia da UNIUBE**, 2014.

MORAES, G. **Sistemas de gestão de riscos: princípios e diretrizes – ISO 31.000/2009 comentada e ilustrada**, 1 ed. Vol 1. Rio de Janeiro, 2010.

MOREIRA, Vilmar Rodrigues; PROTIL, Roberto Max; SILVA, C. L. **Gestão dos riscos de mercado do agronegócio no contexto das cooperativas agroindustriais**. Agribusiness. Sociedade Brasileira de Economia, 48º Congresso. 2010. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/15/919.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2024.

NETO, AS Vieira et al. Visão geral de métodos de análise de risco aplicados a instalações perigosas. In: 11th Meeting on Reactor Physics and Thermal Hydraulics, **Encontro Nacional de Física de Reatores e Termo-Hidráulica, Poços de Caldas, MG**. Brazil. 1997. p. 592-597.



NETO, Manuel Filipe Regalado Gomes. **Análise de Acidentes de Explosão com Secadores e Formas de Mitigação**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2022. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/104070>. Acesso em: 18 nov. 2024.

OLIVEIRA, André Finco de; BONORA, Taicimara Ferreira; KLOSS, Thiago de Almeida. **Método de tomada de decisão AHP aplicado na gestão da manutenção industrial: estudo de caso em uma empresa de bens de consumo**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26587/1/CT_COEAU_2020_1_07.pdf. Acesso em: 03 nov. 2024.

OLIVEIRA, Ualison Rébula; ROCHA, Henrique Martins. GERENCIAMENTO DE RISCOS OPERACIONAIS EM MONTADORAS DE VEÍCULOS. **Revista Pretexto**, v. 15, n. 4, 2014. Ozaki, V. A. (2007). O Papel do Seguro na Gestão do Risco Agrícola e os Empecilhos para o seu Desenvolvimento. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**, 2(4), 75–92. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/pretexto/article/view/1438>. Acesso em: 18 nov. 2024.

PITOL, Tamara. **Gestão de riscos do trabalho numa agroindústria**. 2014. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/518/1/2011TamaraPitol.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2024.

RABECHINI JUNIOR, Roque; CARVALHO, Marly Monteiro de. **Relacionamento entre gerenciamento de risco e sucesso de projetos**. *Production*, v. 23, p. 570-581, 2013.

REASON, James. **Managing the risks of organizational accidents**. Routledge, 2016.

RODRIGUES, Luiza Sidônio et al. Inovação na indústria de alimentos: importância e dinâmica no complexo agroindustrial brasileiro. **BNDES Setorial**, n. 37, mar. 2013, p. 333-370, 2013.

RODRIGUES, Maria Lucia; LIMENA, Maria Margarida Cavalcanti (Orgs.). **Metodologias multidimensionais em Ciências Humanas**. Brasília: Líber Livros Editora, 2006. 175 p.

SANTOS, Gesmar Rosa dos. **Agroindústria no Brasil: um olhar sobre indicadores de porte e expansão regional**. 2014.

Savich, E.; Glushkov, S. (2021). Dmitry Antipov **FMEA QUALITY IMPROVEMENT METHOD OF FLAME SPRAYING**. 15(4), 1263–1276.

SCHMITT, Jose Claudemir; LIMA, Carlos Roberto Camello. Método de Análise de Falhas utilizando a Integração das Ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA. **Revista ESPACIOS**. Vol. 37 (Nº 08) Año 2016, 2016.

SILVA, J.B. da; PREZOTTO, L.L. **Programa de agroindustrialização da produção da agricultura familiar**: documento referencial: edição 2007/2010. Brasília: MDA, 2007.

WEBWE, Elson Luciano; DIEHL, Carlos Alberto. **Gestão de riscos operacionais: um estudo**



bibliográfico sobre ferramentas de auxílio. **Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências contábeis da UERJ**, v. 19, n. 3, 2016.

XAVIER, Júlio Nascif. Manutenção—tipos e tendências. **Relatório Técnico TECÉM**, 2005.