



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

PAULO EDUARDO TORRES FIRMO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA EM UM MOINHO
DE TRIGO**

Recife
2023

PAULO EDUARDO TORRES FIRMO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA EM UM MOINHO
DE TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Graduação em Engenharia Química da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial à obtenção do título
de bacharel em Engenharia Química

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha

Recife
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Firmo, Paulo Eduardo Torres.

Aplicação de ferramentas de melhoria contínua em um moinho de trigo / Paulo Eduardo Torres Firmo. - Recife, 2023.

53 p. : il., tab.

Orientador(a): Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química - Bacharelado, 2023.

1. Trigo. 2. Moagem. 3. Farinha de trigo. 4. indicadores chaves de performance. 5. Ciclo PDCA. I. Palha, Maria de Los Angeles Perez Fernandez . (Orientação). II. Título.

660 CDD (22.ed.)

PAULO EDUARDO TORRES FIRMO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA EM UM MOINHO
DE TRIGO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Químico.

Aprovado em: 24/04/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente

 MARIA DE LOS ANGELES PEREZ FERNANDE
Data: 29/04/2023 11:55:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Documento assinado digitalmente

 SARA HORACIO DE OLIVEIRA MACIEL
Data: 27/04/2023 16:15:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Sara Horácio de Oliveira Maciel (1^º Examinador (a))
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Documento assinado digitalmente

 PEDRO FERREIRA DE SOUZA FILHO
Data: 27/04/2023 18:16:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Pedro Ferreira de Souza Filho (2^º Examinador (a))
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Dedicatória

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a meus pais.

Gostaria de agradecer aos meus amigos do curso de engenharia química que sempre me ajudaram, me apoiaram e fizeram a minha jornada ser possível.

Gostaria de agradecer ao moinho de trigo deste estudo por me orientar, acompanhar e permitir o compartilhamento de conhecimentos práticos vividos no ambiente industrial.

Gostaria de agradecer à minha orientadora, a professora Maria de Los Angeles Perez, por me encaminhar durante a graduação e todo o processo do TCC.

Agradecer, ainda, à Universidade Federal de Pernambuco que me permitiu conhecer o mundo.

RESUMO

O trigo é a matéria-prima para a produção de farinha e de farelo de trigo, dois insumos utilizados largamente por diversas indústrias de alimentos. A farinha de trigo está contida na região do endosperma, região essa que compõe a maior parte do grão, portanto é o principal produto da moagem do trigo e o que apresenta maior valor comercial. Esse processo é dividido em etapas que utilizam diferentes equipamentos para garantir a qualidade do produto final. Assim, é importante a aplicação de metodologias para a análise da produção e controle dos processos de forma contínua. Dessa forma, no presente trabalho, foi realizada uma análise de anomalias do processo e avaliação do indicador chave de performance (KPI, do inglês *Key Performance Indicator*) de extração de farinha de trigo, aplicado ao ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*, ou planejar, fazer, checar, agir), constatando o benefício da otimização do processo de extração da farinha de trigo em uma indústria de moagem.

Palavras-chave: Trigo, moagem, farinha de trigo, indicadores chave de performance, ciclo PDCA.

ABSTRACT

Wheat is the raw material for the production of wheat flour and bran, two inputs widely used by various food industries. Wheat flour is contained in the endosperm region, which makes up most of the grain, therefore it is the main product of wheat milling and the one with the highest commercial value. This process is divided into stages that use different equipment to ensure the quality of the final product. Thus, it is important to apply methodologies for the continuous analysis of production and process control. Thus, in the present work, an analysis of process anomalies and evaluation of the key performance indicator (KPI) of wheat flour extraction, applied to the PDCA (Plan, Do, Check, Act) cycle, was carried out, verifying the benefit of optimizing the wheat flour extraction process in a milling industry.

Key-words: wheat, milling, wheat flour, Key Performance Indicator, PDCA cycle.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Partes do Trigo.	17
Figura 2.	Fluxograma adaptado do processamento do trigo.	19
Figura 3.	Fluxograma resumido do processo de moagem.	20
Figura 4.	Exemplo de Banco de cilindro.	21
Figura 5.	Representação das raias dos rolos do banco de cilindro.	21
Figura 6.	Exemplo de <i>plansifter</i> .	22
Figura 7.	Exemplo de Sassor.	23
Figura 8.	Exemplo de turbopeneiras.	24
Figura 9.	Extração de farinha de trigo por linha de produção.	31
Figura 10.	<i>Brainstorm</i> das possíveis causas no diagrama de Ishikawa.	33
Figura 11.	Exemplo de tensocheck utilizado pela equipe técnica.	40
Figura 12.	Análise da extração de farinha de trigo	44
Figura 13.	<i>Brainstorm</i> das possíveis causas no Diagrama de Ishikawa da etapa agir.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Votação para priorização das causas	33
Tabela 2.	Votação para priorização das causas remanescentes	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Classificação das farinhas de trigo nacionais.	18
Quadro 2.	Análise da causa raiz da moagem irregular.	34
Quadro 3.	Análise da causa raiz da falha no tensionamento de tela de <i>plansifter</i> .	35
Quadro 4.	Análise da causa raiz da queima dos motores dos bancos de cilindro.	35
Quadro 5.	Causa raiz do desgaste das telas das turbopeneiras.	36
Quadro 6.	Causa raiz da ineficiência na purificação de sêmolas.	37
Quadro 7.	Cronograma dos planos de ações.	38
Quadro 8.	Situação de cada plano de ação.	43
Quadro 9.	Análise da causa raiz da moagem irregular.	46
Quadro 10.	Análise da causa raiz da ineficiência da umidificação.	46
Quadro 11.	Análise da causa raiz da queima de motor de alimentador	47
Quadro 12.	Análise da causa raiz da dificuldade de regulagem de banco de cilindro.	48
Quadro 13.	Cronograma dos planos de ações das anomalias novas e/ou recorrentes.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABITRIGO	Associação Brasileira da Indústria de Trigo
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CLP	Controlador lógico programável
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
KPI	Indicadores chave de Desempenho (<i>Key Performance Indicators</i>)
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.1.1	Objetivos específicos.....	15
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1	O TRIGO.....	16
2.2	FARINHA DE TRIGO.....	17
2.3	FARELO.....	18
2.4	PROCESSAMENTO DE TRIGO.....	19
2.4.1	Recepção.....	19
2.4.2	Limpeza.....	20
2.4.3	Moagem.....	20
2.4.3.1	Banco de Cilindro – Trituração.....	20
2.4.3.2	Plansifter – Separação.....	22
2.4.3.3	Sassores – Classificação.....	23
2.4.3.4	Turbo Peneiras – Peneiramento de Farelo.....	23
2.4.4	Controle de Qualidade.....	24
2.5	EXTRAÇÃO DE TRIGO.....	25
2.6	CICLO PDCA.....	25
2.7	ANÁLISE DE CAUSA RAIZ.....	26
2.7.1	Diagrama de Ishikawa.....	26
2.7.2	Método dos 5 porquês.....	27
2.7.3	Ferramenta 5W2H.....	27
2.7.3.1	Capex e Opex.....	27
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1	COLETA DE DADOS.....	28
3.2	ETAPA “PLANEJAR”.....	28
3.3	ETAPA “FAZER”.....	29
3.4	ETAPA “CHECAR”.....	29
3.5	ETAPA “AGIR”.....	30
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	31
4.2	ETAPA “PLANEJAR”.....	32

4.3	ETAPA “FAZER”.....	37
4.3.1	Treinamento de troca de telas de <i>plansifter</i>.....	39
4.3.2	Mudança na frequência de troca de telas de turbo peneira.....	40
4.3.3	Aquisição de novos rolos.....	41
4.3.4	Rastreabilidade de queima de motores.....	41
4.3.5	Tratamento nos sassores.....	42
4.4	ETAPA “CHECAR”.....	42
4.5	ETAPA “AGIR”	44
5.	CONCLUSÕES.....	50
6.	REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade entre as empresas evidenciadas pela globalização e as constantes evoluções tecnológicas, tornou-se necessário que empresas busquem por ideias inovadoras que possam torná-las capazes de se desenvolver em um cenário de constantes mudanças. Desse modo, estas mudanças irão refletir nas organizações um ambiente cada vez mais inovador e dinâmico, fazendo assim que essa condição exija novas adaptações às novas práticas de trabalho (MACHADO; FRANCISCO, 2005).

Nesse contexto, conceitos de melhoria contínua de processos, são peças-chaves para se manter competitivo no mercado nos dias de hoje, pois, através das metodologias utilizadas pela melhoria contínua se torna possível minimizar os desvios do processo, aumentar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto oferecido (GAMME; LODGAARD, 2018).

No ramo alimentício, a indústria de moagem de trigo é um dos setores de maior demanda do mercado, o que traz a necessidade de ampliar a produção com o aumento da produtividade e a melhoria dos processos. Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Trigo (ABRITRIGO, 2021) a moagem de trigo no Brasil atingiu a marca de 12,67 milhões de toneladas em 2021, onde, cerca de 9,9 milhões de toneladas correspondem à farinha de trigo, apresentando um crescimento de 4,21% de produção de farinha em relação ao ano de 2020. Com o crescente consumo de farinha de trigo anual, faz-se necessário o aumento do insumo produzido. Assim, as indústrias de moagem devem visar o aumento da taxa de extração de farinha de trigo.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi aplicar o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) junto com outras ferramentas de melhoria contínua em uma linha de produção em um moinho de trigo.

1.1.1 Objetivos específicos

Além disso, o trabalho visou atingir os seguintes objetivos específicos:

- Otimizar o processo de extração da farinha de trigo;
- Analisar anomalias presentes no fluxo produtivo;
- Realizar análises dos indicadores chave de performance (*Key Performance Indicators – KPIs*) para validação das ações de melhoria implementadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Inicialmente, neste tópico será apresentado a composição do grão de trigo e seus respectivos produtos, farinha de trigo e farelo. Em seguida, são mencionadas as ferramentas de melhoria contínua utilizadas para a construção deste trabalho.

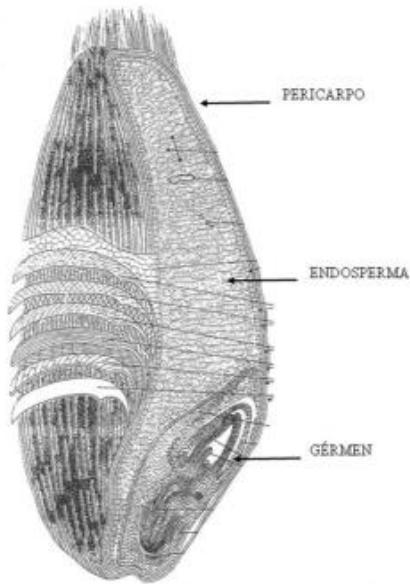
2.1 O TRIGO

O trigo é um cereal que pertence à família dos *Poaceae*. O trigo está entre os primeiros cereais a serem cultivados pelo homem, com relatos de mais de 8000 anos (IQBAL; JAMS; FÁTIMA, 2022). Estima-se que em torno de 90% do trigo processado nos moinhos do mundo para a produção de farinha seja da subespécie *Aestivum vulgaris*, que compreende as variedades pertencentes às classes de trigos extraduros, duros, moles e semiduros ou brandos (PINTO, 2020).

Apresenta em sua composição água (12 a 14%), minerais (1,5 a 1,9%), lipídeos (1,8 a 2,5%), proteínas (8 a 16%) e amido (69 a 78%). Onde esses componentes se distribuem de forma desigual na estrutura do grão (PINTO, 2020).

Do ponto de vista tecnológico, o grão de trigo pode ser dividido em três partes distintas: o endosperma que corresponde a 83% de sua estrutura e é a parte que dá origem à farinha de trigo (ABRITRIGO, 2019), farelo e germe, que correspondem a 14% e 3%, respectivamente (EMBRAPA, 2006). As partes estão destacadas na Figura 1.

Figura 1. Parte dos grãos de trigo.



Fonte: FRANCISCO; MIRANDA; LIMBERGER, 2011.

Durante o processo de moagem do grão é possível obter o farelo, o endosperma e o gérmen, considerados matérias-primas para a indústria.

2.2 FARINHA DE TRIGO

A farinha de trigo apresenta um importante papel no aspecto nutricional e econômico da alimentação humana por se tratar da principal matéria-prima para a fabricação de pães e massas (COSTA *et al.*, 2008).

É um insumo amplamente utilizado para a preparação de produtos de panificação por conta da sua característica de formação de uma rede viscoelástica, insolúvel em água, permitindo que os ingredientes sejam adjuntos para desenvolver massas alimentícias (ARÁUJO *et al.*, 2010). As proteínas glutenina e gliadina, que formam o glúten, possuem esta capacidade (AMARO, 2019).

O Ministério da Saúde através da portaria nº 354/1996 classifica a farinha de trigo produzida no Brasil como pode ser vista no Quadro 1.

Quadro 1. Classificação das farinhas de trigo nacionais.

Uso doméstico	
Integral	Obtida a partir do cereal limpo e com teor máximo de cinzas de 2,0% na base seca.
Especial	Obtida a partir do cereal limpo, desgerminado com teor máximo de cinzas de 0,65% na base seca. 98% do produto deverá passar através de peneira com abertura de malha de 250 µm.
Comum	Obtida a partir do cereal limpo, desgerminado com teor de cinzas entre 0,66% e 1,35% na base seca. 98% do produto deverá passar através de peneira com abertura de malha de 250 µm.
Uso industrial	
Farinha de trigo integral	Obtida a partir do cereal limpo e com teor máximo de cinzas de 2,5% na base seca devendo obedecer aos requisitos específicos para cada segmento de aplicação.
Farinha de trigo	Obtida a partir do cereal limpo, desgerminado e com teor máximo de cinzas de 1,35% na base seca devendo obedecer aos requisitos específicos para cada segmento de aplicação. 98% do produto deverá passar através de peneira com abertura de malha de 250 µm.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1996.

Cada um dos tipos de farinha atende a uma determinada finalidade, por conta disto é se torna imprescindível saber qual a demanda e como aplicar o tipo que mais se adeque (ITPC, 2018).

2.3 FARELO

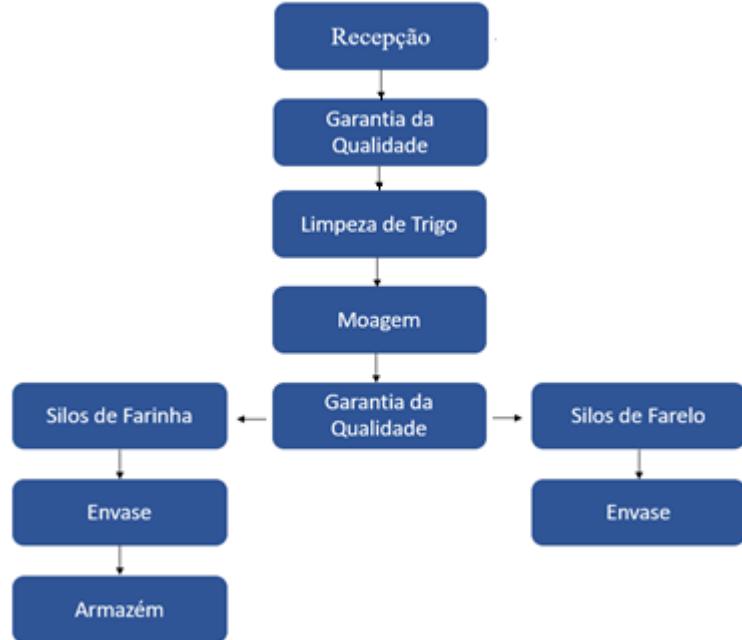
Subproduto da moagem do trigo, o farelo de trigo é largamente comercializado como fonte de fibras, porém como produto de baixo valor agregado, em rações animais (LEÃO, 2013).

Pode ser dividido em farelo fino e farelo grosso, sendo facilmente separados nas diferentes etapas de processamento do grão (GILVAN SILVA, 2006). Todavia, no mercado brasileiro, a rotina é o emprego dos dois subprodutos, formando um único produto com o nome de farelo de trigo comercial (SOARES, 2002).

2.4 PROCESSAMENTO DE TRIGO

As etapas do processamento de trigo para a obtenção da farinha de trigo e farelo são apresentadas no fluxograma abaixo (Figura 2) e são discutidas separadamente a seguir.

Figura 2.Fluxograma adaptado do processamento do trigo.



Fonte: SOUZA, 2004.

2.4.1 Recepção

Refere-se à etapa de recebimento da matéria-prima, ou seja, a massa de trigo em estado bruto contendo todas as impurezas, tais como: pó, trigo, palha, insetos, grãos de trigo murchos e quebrados, outros tipos de grãos, peças metálicas, pedra, entre outros (PINTO, 2010).

Cada moinho de trigo define qual o método de obtenção de sua matéria-prima, sendo os mais comuns o recebimento por caminhões ou navios (PINTO, 2010). Após a recepção, o trigo segue para a etapa de limpeza, onde será separada toda a impureza.

2.4.2 Limpeza

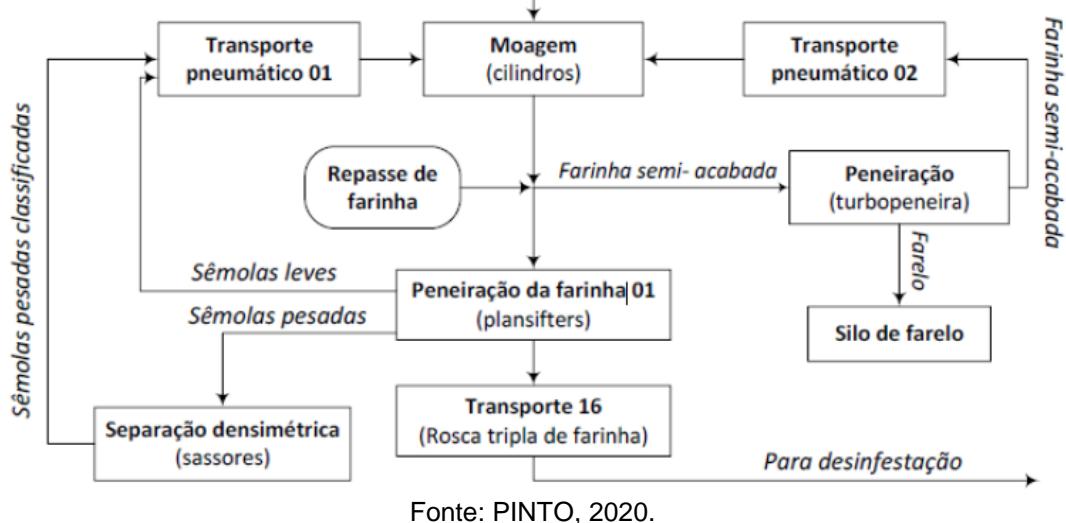
Durante essa etapa, o trigo é selecionado em uma série de operações que realizam a limpeza do grão e removem toda matéria indesejada que possa estar misturada ao trigo (LOVERA, 2020).

Após a limpeza, é adicionada água em nível pré-determinado, e em seguida os grãos são acondicionados em silos de descanso, para que a água adentre no grão e se espalhe uniformemente em todo o endosperma (FERREIRA, 2019).

2.4.3 Moagem

Na etapa de moagem, endosperma e farelo são separados, com a finalidade de reduzir o endosperma em partículas finas que posteriormente dão origem à farinha (SOUZA *et al.*, 2013). A Figura 3 mostra o fluxograma resumido do processo de moagem.

Figura 3. Fluxograma resumido do processo de moagem.



Fonte: PINTO, 2020.

2.4.3.1 Banco de Cilindro – Trituração, Redução e Compressão

Nos bancos de cilindros ocorre a moagem propriamente dita. Nesse equipamento ocorrem três operações básicas: trituração, redução e compressão. O processamento se inicia com a etapa de trituração. Esta etapa tem como finalidade a raspagem do trigo através de sua passagem por rolos de cilindro raiados que se

encontram nos bancos de cilindros (PINTO, 2010). A Figura 4 mostra um exemplo de um banco de cilindro duplo.

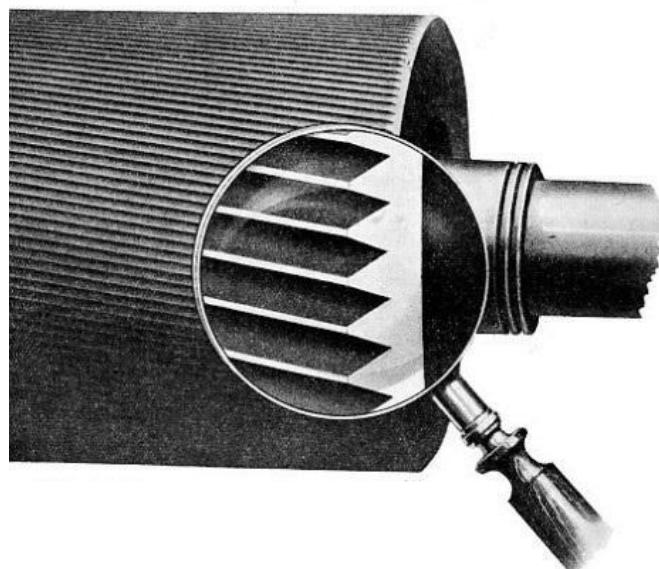
Figura 4. Exemplo de Banco de cilindro.



Fonte: Zaccaria, 2023

As raias são distribuídas de forma helicoidal ao longo do cilindro, assim, quando os cilindros giram em sentidos opostos há o cruzamento das raias, produzindo uma ação de cisalhamento para desenrolar as cascas dos grãos ao invés de esmagá-los quando ocorre a passagem (CZADOTZ, 2019). A Figura 5 representa as raias dos rolos.

Figura 5. Representação das raias dos rolos do banco de cilindro.



Fonte: Wonders of world engineering, 1927.

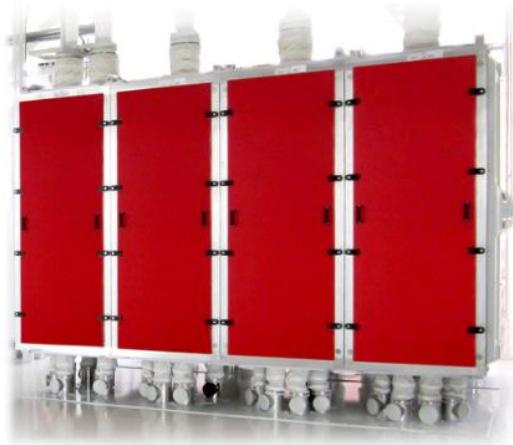
Os produtos obtidos são uma mistura de partículas de endosperma como a farinha de trigo, sêmolas e partículas de farelo com pedaços de endosperma de tamanhos diferentes (CZADOTZ, 2019). Estes produtos seguem para o *plansifter*, que é um equipamento de separação

2.4.3.2 *Plansifters* - Separação

Trata-se de um equipamento de separação onde é efetuada a etapa de peneiração (PINTO, 2010). Compostos por peneiras arranjadas em uma caixa, realiza uma movimentação através de um eixo com um motor acionador, em movimento circular (CZADOTZ, 2019).

Nesta peneiração ocorre a separação de produtos de diversos calibres, a fração menor passa através das aberturas das peneiras, e a fração maior é rechaçada. Trata-se, portanto, de uma classificação granulométrica (CZADOTZ, 2019). A passagem pelas aberturas das peneiras pode ser realizada sob pressão por um batedor rotativo ou por uma corrente de ar (AMORIM, 2007). Na Figura 6 é possível ver um exemplo de *plansifter*.

Figura 6. Exemplo de *Plansifters*.



Fonte: Ocrim, 2020.

Desta separação se obtém as seguintes correntes de sólidos: farinha acabada; partículas de endosperma com farelo, que são enviados para os cilindros raiados para sofrerem nova extração de farinha; partículas de sêmola grossa, que seguem para os sassores, que são peneiras com fluxo de aspiração, para que

Ocorra a purificação; partículas de sêmola fina, que seguem para os bancos de cilindros de compressão (PINTO, 2010).

2.4.3.3 Sassores – Purificação

O sassor é responsável pelo trabalho de purificação das sêmolas, que são partículas do endosperma que ficam retidas nas peneiras de 40 mesh (EMBRAPA, 2022). Durante esse processo, o sassor separa as partículas finas de farelo, endosperma com farelo ainda aderido e as sêmolas puras antes que seja moído e convertido em farinha (PRIGOL; PFULLER, 2015).

São construídos em unidades duplas e metálicas que funcionam de maneiras independentes e devem ser ligados a um forte sistema de aspiração, cujo fluxo de ar é regulável para cada lado da máquina por meio de válvulas (PRIGOL; PFULLER, 2015). A Figura 7 apresenta um exemplo de sassor utilizado na moagem de trigo.

Figura 7. Exemplo de Sassor.



Fonte: Zaccaria, 2023.

2.4.3.4 Turbo peneiras – Peneiração de Farelos

Desenvolvida para a remoção de qualquer partícula de farinha que possa estar aderida no farelo na moagem final do grão. O trabalho da turbo-peneira irá implicar em ganhos diretos no valor da extração, bem como em outras características como, por exemplo, a produção de farelo com baixo teor de amido (BERGA, 2018). A Figura 8 apresenta um exemplo de turbo-peneiras.

Figura 8. Exemplo de turbo-peneiras



Fonte: Sangati Berga, 2018.

2.4.4 Controle de Qualidade

A verificação da qualidade tecnológica da farinha de trigo é realizada através de análises das características físico-químicas e reológicas, como umidade, cinzas, teor de glúten, cor, farinografia e alveografia (FERREIRA, 2019).

A ANVISA (Portaria Nº 354 de 18/07/96) define que a umidade da farinha de trigo não deve exceder a 15% para melhor conservação, portanto, a qualidade deve ficar responsável pela verificação da umidade.

O teor de cinzas representa o percentual de matéria mineral presente no produto, principalmente ferro, sódio, potássio, magnésio e fósforo. É utilizado como parâmetro de avaliação do tipo de farinha de trigo por poder interferir na cor do produto final. (FERREIRA, 2019).

A cor da farinha é derivada, principalmente, do seu teor de carotenoides, proteínas, fibras e da presença de impurezas no processamento do trigo. A farinha de trigo destinada à panificação deve ser clara ou levemente amarelada e sem pontos escuros, que representam resíduos de farelo (NITZKE, THYS, 2012).

A análise do teor do glúten na farinha de trigo é um importante parâmetro da qualidade da farinha por proporcionar as características físicas e reológicas de plasticidade, viscosidade e elasticidade, importantes para a massa e,

consequentemente, para determinação do produto final a ser elaborado (DIAS; FREITAS; CERQUEIRA, 2014).

Já a farinografia avalia a absorção de água pela farinha de trigo (NITZKE, THYS, 2012), e por fim é realizado o teste de alveografia em que é simulado o comportamento da massa durante o processo de fermentação, estimulando a formação de alvéolos originados na massa pelo dióxido de carbono produzido pelos fermentos (EMBRAPA, 2009).

2.5 EXTRAÇÃO DE TRIGO

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), estima-se que a produção de trigo em território nacional no ano de 2022 atingiu a marca de 9,5 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 23,7% em relação à safra de 2021. Assim, com o aumento da oferta da matéria prima, empresas de moagem de trigo buscam alternativas para aumentar sua lucratividade.

O grau de separação entre o endosperma e a casca do trigo é refletido pelo rendimento de moagem da farinha, geralmente referido como taxa de extração de farinha de trigo (ANTUNES; GUTKOSKI; ROMAN, 1999).

Utilizada como indicador de chave de performance (KPI), a extração de farinha de trigo reflete a produtividade do processo de moagem e está intrinsecamente conectada à rentabilidade da indústria, já que a farinha de trigo representa o produto da moagem de maior rentabilidade (FCSTONE, 2018).

2.6 O CICLO PDCA

Conhecido como Ciclo de Shewhart, trata-se de uma metodologia que tem como função auxiliar no diagnóstico, analisar e realizar prognóstico de problemas organizacionais, tornando-se extremamente útil para a solução de problemas (PACHECO *et al.*, 2020).

A ideia de implementação do Ciclo PDCA parte do princípio de se utilizar uma ferramenta de melhoria contínua capaz de exercer o controle dos processos, assim, podendo ser usado de forma contínua para o gerenciamento de uma organização (PACHECO *et al.*, 2020).

As etapas do PDCA são:

- *Plan* (Planejamento): Estabelecimento da meta a ser alcançada, em seguida, devem ser feitos os planos de ações do método (plano) para se atingir a meta.
- *Do* (Execução): Etapa de execução das ações definidas na etapa anterior e ainda deve ser feito a coleção dos dados envolvidos nessa etapa (SILVA JÚNIOR; CALLEFI, 2019).
- *Check* (Verificação): Após a execução dos planos de ações, deve-se comparar os dados obtidos com os dados da meta planejada, para assim obter um quadro comparativo, onde é analisado se está indo na direção certa ou se a meta foi atingida.
- *Action* (Ação): implementar o plano de ações assertivos e agir sobre os problemas recorrentes (ALENCAR, 2008).

2.7 ANÁLISE DA CAUSA RAIZ

A metodologia da análise de causa raiz se dá por uma avaliação retrospectiva da problemática para que seja possível identificar as profundas causas dos desvios apresentados no processo. Várias ferramentas têm sido utilizadas para a análise da causa raiz, como por exemplo: Diagrama de Ishikawa, 5W2H, diagrama de Pareto, dentre outras, elaborando a cadeia causal (PENA; MELLEIRO, 2017).

2.7.1 Diagrama de Ishikawa

Conhecido como diagrama de causa e efeito, é uma ferramenta de qualidade desenvolvida por Kaoru Ishikawa na década de 40, nela é possível identificar possíveis causas de um problema, fazendo assim com que seja feito uma análise mais crítica das adversidades do processo, sendo o modelo mais utilizado o 6M: Máquina, Método, Medição, Mão de obra, Material e Meio ambiente (CARPINETTI, 2010). Assim, é utilizada como uma forma de organização das possíveis causas através do *brainstorming* feito pela equipe.

2.7.2 Método dos 5 porquês

Trata-se de uma ferramenta de resolução de problemas desenvolvida por Taiichi Ohno, fundador do Sistema de Produção Toyota e consiste na formulação da pergunta “Por quê?” cinco vezes seguidas para que assim se possa compreender a causa raiz de um problema (COSTA; MENDES, 2018).

Entretanto, nada impede que mais ou menos do que 5 perguntas sejam realizadas. O número 5 vem das observações feitas por Taiichi Ohno de que 5 perguntas costumam ser o suficiente para a investigação da causa raiz (COSTA, MENDES, 2018).

2.7.3 Ferramenta 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta que lista as perguntas: *what?* (o que?), *who?* (quem?), *where?* (onde?), *when?* (quando?), *why?* (por quê?), *how?* (como?) e *how much?* (quanto?), com o intuito de detalhar, através de um *brainstorm* futuras ações de um projeto. A partir desta ferramenta é possível que a equipe discuta o problema, prospecte variáveis do problema e organize-se a fim estudar uma solução (SANTOS NETO *et al.*, 2016).

2.7.3.1 Capex e Opex

Dentro de uma empresa na execução de investimentos se faz necessário a distinção entre o investimento Capex e Opex (DARONCO, J. E. 2018).

As siglas Capex e Opex vêm do inglês e significam *Capital Expenditure* e *Operation Expenditure*, respectivamente. O Capex se caracteriza como o montante despendido na execução do projeto para aquisição de bens de capital de uma determinada empresa (PEREIRA, 2018). Esses custos podem ser considerados como investimento inicial, por exemplo, em equipamentos, ou como custos de reposição, para substituição de itens de menor vida útil (BRASIL, 2020).

Já o Opex se caracteriza pelo montante de recursos gastos necessários para o funcionamento da organização (CAVALCANTE, 2017). Está relacionado aos custos operacionais e de manutenção, como materiais para reparo e serviços adquiridos de terceiros (BRASIL, 2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A condução do trabalho se deu pela utilização do Ciclo PDCA como ferramenta direcionadora. Inicialmente, a equipe de gestão do processo de moagem ficou responsável pela coleta dos dados de extração das três linhas de produção da indústria de moagem, passando pelas etapas de estratificação dos dados, análises e em seguida a identificação das oportunidades de melhoria. Através disso, tornou-se possível definir a meta a ser atingida através do ciclo PDCA.

3.1. COLETA DE DADOS

O moinho de trigo deste estudo apresenta balanças conectadas a um controlador lógico programável (CLP) e estão programadas para realização de bateladas de 3 segundos. A cada batelada o CLP registra o valor da massa pesada e compila na sua memória que pode ser extraída na forma de planilha para o software Excel para que assim seja possível apresentar o controle de fluxo de cada etapa do processamento.

Antes de iniciar a moagem propriamente dita, o trigo passa pela primeira balança para que assim que se registre o volume de trigo moído e nas etapas finais há as balanças de farinha e de farelo.

O valor da extração foi calculado pela razão entre o valor da massa de farinha de trigo e a massa de trigo num intervalo de tempo definido. Usualmente, os intervalos escolhidos para a análise de um PDCA são os valores diários e mensais, mas ainda ocorre a análise instantânea por parte da operação para que seja feito algum tipo de manutenção operacional com finalidade de aumentar a extração instantânea caso algum equipamento esteja descalibrado.

3.2 ETAPA “PLANEJAR”

Nesta fase se criou uma equipe multidisciplinar com membros da manutenção, processos e melhoria contínua, para que pudesse analisar a causa raiz da problemática através do diagrama de Ishikawa. Com as possíveis causas bem definidas, seguiu-se para a priorização das causas através de uma votação feita por toda a equipe, onde em cada causa, pôde-se receber a pontuação de 9 quando houve uma forte relação com o problema, nota 3 quando houve moderada relação

com o problema, nota 1 quando houve baixa relação e nota 0 quando não houve relação.

Após essa etapa, ocorreu a ordenação das causas através da soma das notas estabelecidas por cada membro da equipe e em seguida, segui-se para a ferramenta dos 5 porquês para que se pudesse analisar de maneira minuciosa a causa raiz. A partir disso, foram traçados planos de ações com a utilização da ferramenta 5W2H para que se pudesse atingir a meta estabelecida. Na execução da sigla *How much?* Se fez necessário decidir se o gasto será parte do Opex ou Capex da empresa.

3.3 ETAPA “FAZER”

Após a fase de planejamento, partiu-se para a fase de execução dos planos de ações. Onde cada ação pode apresentar diferente grau de complexidade, portanto, para cada plano de ação se definiu uma data limite para sua realização.

Durante essa etapa, coube à equipe de processos os levantamentos dos dados obtidos com a realização de cada ação para que assim se pudesse chegar na próxima etapa do ciclo PDCA.

3.4 ETAPA “CHECAR”

Após as execuções dos principais planos de ações, foi coletado novos dados da produção de farinha de trigo e, então, foram marcadas reuniões periódicas para que se pudesse avaliar os resultados obtidos pelos planos de ação.

As ações que não foram realizadas passaram por uma nova avaliação para que se definisse uma nova data de entrega daquela ação. Já as ações canceladas foram justificadas o porquê desta decisão.

Caso os resultados não tenham sido satisfatórios, é necessário identificar as causas e propor ações corretivas para a correção do problema, portanto, caso necessário, segue-se para a etapa do agir.

3.5 ETAPA “AGIR”

Esta etapa foi realizada juntamente com a etapa de checar, onde foram analisados os problemas reincidentes nos processos, estes que ainda podiam afetar a meta estabelecida inicialmente no ciclo do PDCA.

Com o levantamento desses problemas, voltou-se a analisar as causas raízes envolvidas e assim retomando o ciclo, onde foi ordenadas as causas através das mesmas notas estabelecidas na etapa “planejar” e então foi feito o uso da ferramenta dos 5 porquês para ao final serem realizados novos planos de ações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A condução deste estudo se iniciou com o levantamento de dados feito pela equipe de operações de moagem e em seguida ficou acordado com a equipe de melhoria contínua a realização do ciclo PDCA, a seguir pode ser visto cada tópico deste processo.

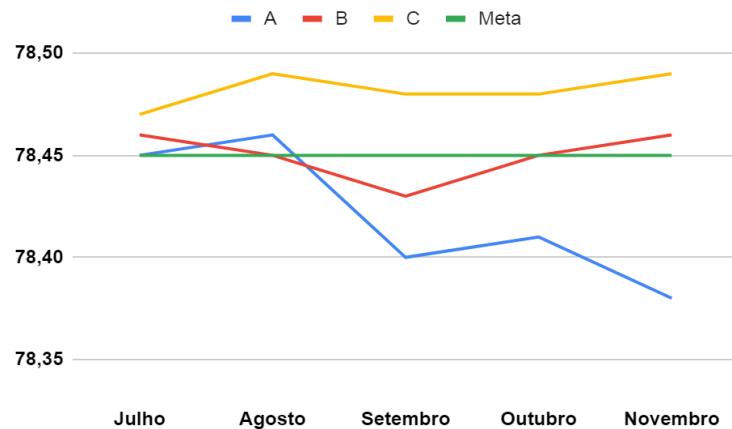
4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Anualmente, fica a cargo do gerente industrial analisar a capacidade produtiva de moinho de trigo e definir quais as metas de cada indicador chave de performance, os KPIs. No ano de 2022, foi definido como meta 78,45% de extração de farinha, ou seja, a cada 100 kg de trigo moído, 78,45 kg devem ser transformados em farinha de trigo.

Para que se atinja essa meta, toda a equipe de operação bem como a gestão devem estar bem alinhadas para que se obtenha com êxito o controle das operações do moinho. Entretanto, perdas e oportunidades de melhorias nos processos são comuns em qualquer indústria.

Portanto, o moinho em estudo analisa mês a mês o andamento do seu KPI de extração de farinha de trigo e estratifica por linha de produção. A Figura 9 mostra os valores das extrações de farinha de trigo no segundo semestre de 2022.

Figura 9. Extração de farinha de trigo por linha de produção.



Fonte: Autor (2022).

Neste caso são três linhas de produção (A, B e C) que operam de maneira independente. Observa-se que a linha de produção A nos meses de setembro, outubro e novembro não atingiu a meta, enquanto a linha de produção C apresentou a melhor performance pois atingiu valores acima da meta em todos os meses analisados, já a linha de produção B não atingiu a meta apenas no mês de setembro.

Então, definiu-se a aplicação de um ciclo PDCA para analisar anomalias no processo e aplicar oportunidades de melhorias na linha de produção A a fim de que se atinja a meta de 78,45% de extração de farinha de trigo.

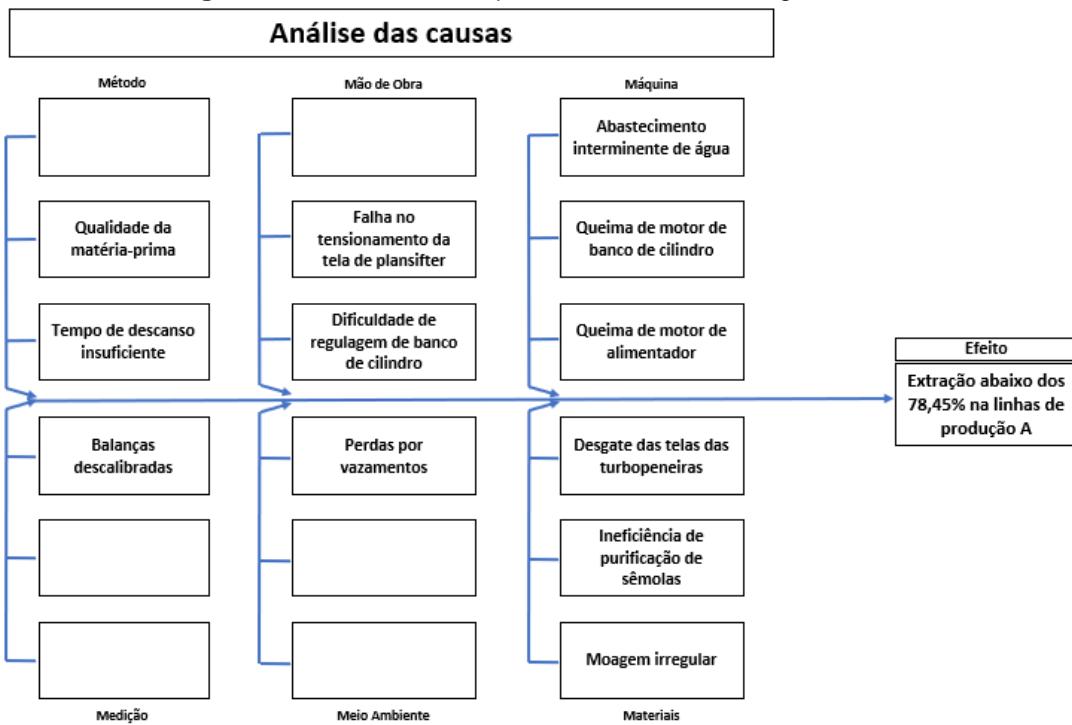
4.2 ETAPA “PLANEJAR”.

Após a definição do objetivo da aplicação do ciclo PDCA, segue-se para a etapa planejar. Neste momento, inicialmente é realizada a análise das possíveis causas da problemática.

Com o intuito de ter uma análise mais ampla das causas foi formada uma equipe multidisciplinar composta por estagiários, analistas, operadores, supervisores e coordenadores nas áreas de operações, melhoria contínua e manutenção (elétrica e mecânica).

Cada membro da equipe formada pode levantar quantas hipóteses causais achar necessário e argumentar a conexão da sua hipótese com a extração abaixo de 78,45% na linha de produção A. A Figura 10 apresenta as possíveis causas levantadas pela equipe ordenadas pelo método 6M, que separa as causas por nas categorias Máquina, Método, Medição, Mão de obra, Material e Meio ambiente.

Figura 10. *Brainstorm* das possíveis causas no diagrama de Ishikawa.



Fonte: Autor (2022).

Após o levantamento das possíveis causas, seguiu-se para a etapa de priorização, onde cada membro da equipe atribuiu uma nota para a possível causa a depender da relação entre a causa e o efeito. Na Tabela 1, é possível visualizar os votos atribuídos de cada membro.

Tabela 1. Votação para priorização das causas.

Priorização da equipe		Maria	José	João	Eduarda	Larissa	Paulo	Daniel	Fernanda	Marcela	Total
	Causas influentes										
1	Moagem irregular	9	9	9	9	9	9	9	9	9	81
2	Falha no tensionamento da tela de plansifter	9	9	9	9	9	9	9	9	9	81
3	Queima de motor de banco de cilindro	9	9	9	9	9	9	3	9	9	75
4	Desgaste das telas das turbopeneiras	9	3	9	9	9	9	9	9	9	75
5	Ineficiência de purificação de sêmolas	3	9	9	3	9	9	9	9	9	69
6	Queima de motor de alimentador	3	9	9	9	9	3	9	9	9	69
7	Abastecimento interminente de água	9	9	9	3	9	9	9	3	3	63
8	Dificuldade de regulagem do banco de cilindro	9	9	9	3	9	9	9	3	3	63
9	Tempo de descanso insuficiente	9	3	3	9	3	3	3	9	3	45
10	Qualidade da matéria-prima	3	3	3	9	3	3	3	3	3	33
11	Perdas por vazamentos	1	1	3	3	3	3	3	3	3	23
12	Balanças descalibradas	1	1	1	3	1	3	0	3	0	12

Legenda: 9 - FORTE Relação 3 - MODERADA Relação 1 - FRACA Relação 0 - NENHUMA Relação

Fonte: Autor (2022)

Com as possíveis causas elencadas tornou-se possível a utilização da ferramenta dos 5 porquês, para que se pudesse analisar a causa raiz das hipóteses com maiores pontuações na ordem de priorização.

O Quadro 2 mostra que a causa raiz da moagem irregular se deu pela indisponibilidade de rolos para raiar.

Quadro 2. Análise da causa raiz da moagem irregular.

Causa 1	Motivo	O que fazer/Como fazer
Moagem irregular	Raias dos rolos de trituração desgastadas	Comprar 16 pares de novos rolos no diâmetro de 300 mm
Raias dos rolos de trituração desgastados	Atraso na substituição dos rolos/Atendimento do cronograma de troca de rolos	
Atraso na substituição dos rolos/Atendimento do cronograma de troca de rolos	Indisponibilidade de rolos para raiar	
Indisponibilidade de rolos para raiar	-	

Fonte: Autor (2022)

Inicialmente, levantou-se como resolução da causa raiz a compra de 16 pares de rolos no diâmetro de 300 mm, a fim de que seja realizada a troca dos rolos dos bancos de cilindro na linha de produção A. Em seguida foi visto a causa raiz da falha no tensionamento de tela de *plansifter*, como pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3. Análise da causa raiz da falha no tensionamento de tela de *plansifter*.

Causa 2	Motivo	O que fazer/Como fazer
Falha no tensionamento de tela de <i>plansifter</i>	Utilização manual da mesa de tensionamento	Solicitar visita técnica para guiar a etapa do <i>plansifter</i>
Utilização manual da mesa de tensionamento	Mesa de tensionamento desgastada	
Mesa de tensionamento desgastada	Utilização inadequada do material de tensionamento	
Utilização inadequada do material de tensionamento	-	

Fonte: Autor (2022)

A utilização inadequada dos materiais necessários para o tensionamento foi levantada como a causa raiz da falha no tensionamento de tela dos *plansifter*. Foi levantado, inicialmente, como solução para essa causa uma visita técnica para guiar a operação no tensionamento. E então foi visto a causa raiz da queima de motores dos bancos de cilindro como pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4. Análise da causa raiz da queima dos motores dos bancos de cilindro.

Causa 3	Motivo	O que fazer/Como fazer
Queima dos motores dos bancos de cilindro	Superaquecimento, sobrecarga, ineficiência do disjuntor motor e do relé térmico, reutilização de motores com baixa eficiência	Realizar rastreabilidade dos motores queimados
Superaquecimento, sobrecarga, ineficiência do disjuntor motor e do relé térmico, reutilização de motores com baixa eficiência	-	Testar outro parceiro para manutenção dos motores

Fonte: Autor (2022)

Como a queima de motores dos bancos de cilindro ocorre com uma alta frequência no moinho de trigo em estudo, foi levantada como possível solução para essa causa, testar a troca de outro parceiro para realizar a manutenção desses motores, já que o presente parceiro não apresentava um resultado satisfatório.

Além disso, foi realizada a rastreabilidade da queima dos motores para que fosse mapeado aqueles bancos de cilindro que apresentasse queima com maior frequência. Posteriormente foi visto a causa raiz do desgaste das telas das turbopeneiras como pode ser visto no Quadro 5.

Quadro 5. Causa raiz do desgaste das telas das turbopeneiras.

Causa 4	Motivo	O que fazer/Como fazer
Desgaste das telas das turbopeneiras	Aumento da carga do moinho	Aumento na frequência de troca de telas das turbopeneiras
Aumento da carga do moinho	Aumento de demanda	
Aumento de demanda	-	

Fonte: Autor (2022)

Para o desgaste das telas das turbopeneiras foi definido que deveria ser reavaliada a frequência da troca de telas deste equipamento. Por fim, foi analisada a causa raiz da ineficiência na purificação de sêmolas como pode ser visto no Quadro 6.

Quadro 6. Causa raiz da ineficiência na purificação de sêmolas.

Causa 5	Motivo	O que fazer/Como fazer
Ineficiência na purificação de sêmolas	Quadros de telas dos sassores estão danificados	Solicitar visita técnica para levantamento de oportunidades e avaliar a aquisição de novos sassores
Quadros de telas dos sassores estão danificados	Trava de fixação dos quadros danificada	
Trava de fixação dos quadros danificada	Esforço aplicado durante a retirada das telas	
Esforço aplicado durante a retirada das telas	Parafusos de fixação das telas em atrito com o trilho dos quadros	
Parafusos de fixação das telas em atrito com o trilho dos quadros	Falta de aplicação de material auxiliar e concepção do projeto	

Fonte: Autor (2022)

4.3 ETAPA “FAZER”

Após a etapa de planejamento, foram colocados em prática os planos de ações por cada equipe responsável. No Quadro 7 é possível ver os planos de ações definidos pela operação através do método 5W2H.

Quadro 7. Cronograma dos planos de ações.

O quê?	Por quê?	Quando?	Quem?	Onde?	Como?	Quanto?
Estabelecer estratégia de compra para rolos com diâmetro igual a 300 mm	Indisponibilidade de rolos para raiar	15/jan	Operações	Moagem	Reuniões entre fornecedores e equipe comercial	Capex
Solicitar visita técnica para guiar a etapa do <i>plansifter</i>	Utilização inadequada do material de tensionamento	15/dez	Operações	Moagem	Reuniões entre fornecedores e equipe comercial	Capex
Realizar rastreabilidade dos motores queimados	Superaquecimento, sobrecarga, ineficiência do disjuntor motor e do relé térmico, reutilização de motores com baixa eficiência	20/jan	Manutenção	Moagem	Realizar retroativo da rastreabilidade e de novas queimas	-
Aumentar a frequência de troca de telas das turbopeneiras	Aumento de demanda	20/mar	Manutenção	Moagem	Realizar manutenção nas turbopeneiras	Opex
Solicitar visita técnica para levantamento de oportunidades e avaliar a aquisição de novos sassores	Falta de aplicação de material auxiliar e concepção do projeto	10/jan	Operações	Moagem	Reuniões entre fornecedores e equipe comercial	Capex
Testar operação da linha de produção A sem utilização dos sassores	Falhas recorrentes neste maquinário	20/jan	Operações	Moagem	Desligar o equipamento durante a produção	-
Testar outro parceiro para manutenção de motores	Superaquecimento, sobrecarga, ineficiência do disjuntor motor e do relé térmico, reutilização de motores com baixa eficiência	15/fev	Manutenção	Moagem	Reuniões entre fornecedores e equipe comercial	Opex

Fonte: Autor (2022)

4.3.1 Treinamento de troca de telas de *plansifter*

Devido às falhas no tensionamento de telas de *plansifter* foi definido como plano de ação a esta causa uma visita técnica para que fosse possível acompanhar este processamento.

A equipe de processos industriais ficou responsável por entrar em contato com a empresa parceira que fornece os materiais do *plansifter* e ficou acordado um minicurso de 4 horas onde foi explanado para toda a equipe desde a operação até o coordenador os princípios de separação por trás do *plansifter*.

Após a realização do minicurso, a equipe visitante realizou a inspeção nos *plansifters* e viu como se dava o tensionamento das telas de maneira manual, já que a automação da mesa tensionadora se encontra prejudicada. Foi possível observar que no processamento de telas a tensão não se distribuía de maneira uniforme em algumas das telas analisadas, tal fato foi possível notar através do uso de um tensiometro de telas conhecido como tensocheck. A Figura 11 mostra o exemplo de tensocheck utilizado.

Figura 11. Exemplo de tensocheck utilizado pela equipe técnica.



Fonte: SEFAR, 2023.

As telas que não apresentam uma distribuição uniforme de tensão deveriam passar por um novo processo de tensionamento, já que diminui a eficiência do peneiramento. Portanto, foi sugerida a aquisição de um tensímetro de telas a fim de ser possível observar se a tensão na tela estava adequada.

4.3.2 Mudança na frequência de troca de telas de turbo-peneira

As turbo-peneiras são os equipamentos da última etapa de tratamento do farelo por serem responsáveis pela remoção de partículas residuais de farinha que possam estar aderidas no farelo. Portanto, a manutenção nas telas foi revista para que se pudesse atingir um aumento na taxa de extração de farinha de trigo.

A operação do moinho realizava a troca de telas das turbo-peneiras a cada 2 anos, então foi definido uma troca a cada 6 meses e após duas trocas será analisado se o aumento da frequência surtirá efeito positivo.

Por ser um equipamento com baixa frequência de manutenção e de troca de telas, os materiais para sua manutenção não se encontram em estoque e foi necessária a compra por um fornecedor externo. Portanto, esse plano de ação se encontra atrasado.

4.3.3 Aquisição de novos rolos

O trigo apresenta um comportamento abrasivo para os equipamentos de moagem, então, com o tempo as raias dos bancos de cilindro de Trituração ficam desgastadas, logo, faz-se necessária a realização de um processo de usinagem conhecido como raiação, onde novas raias são produzidas.

Quando um rolo é selecionado para o processo de raiação é necessário que um outro rolo, previamente raiado substitua o que passará por esse processo de usinagem para que assim a produção não seja interrompida. Entretanto, por não apresentar rolos raiados disponíveis no moinho do estudo, foi levantado o plano de ação de aquisição de novos rolos.

Por se tratar de um plano de ação com um alto investimento na área de Capex, a empresa apresentou um longo prazo para que fosse realizado. Portanto, foi definida a aquisição de 8 rolos de Trituração para o mês de fevereiro, e caso apresente resultados positivos ficará aprovada a aquisição de novos 8 rolos de Trituração para o mês de abril.

4.3.4 Rastreabilidade de queima de motores de banco de cilindro

Ao ocorrer a queima de um motor de um banco de cilindro se faz necessária a troca do motor por algum que esteja disponível no estoque da equipe de manutenção elétrica, enquanto o que apresentou falha recebe o devido tratamento.

Ao realizar a rastreabilidade das queimas de motores é possível analisar possíveis melhorias em uma indústria de moagem de trigo, como por exemplo: em uma região de superaquecimento dos equipamentos ocorrerá a queima de motores com mais frequência, ao se mapear essas queimas se torna possível visualizar melhorias no *layout* da produção.

Além da rastreabilidade das queimas foi possível realizar a rastreabilidade dos desarmes elétricos, já que os desarmes elétricos são um sinal de que o motor está passando por sobrecargas e está mais suscetível à queima.

4.3.5 Tratamento nos sassores

Inicialmente foi dado como plano de ação para o tratamento de sassores a realização de uma visita técnica, entretanto, como a falha de tensionamento de telas de *plansifter* apresentou uma maior pontuação na análise das causas, a visita técnica para os sassores não foi colocada como prioridade inicial.

Então, foi executado o plano de ação de testar a operação da linha de produção A sem o funcionamento dos sassores, já que é uma máquina que pode ser desligada sem grandes prejuízos ao processo. Tal decisão foi tomada por conta das inúmeras paradas que ocorriam no processo por falhas nesse maquinário, fazendo assim com que o volume da produção fosse reduzido.

A aquisição de novos sassores foi adicionada à lista de compras do investimento Capex da indústria para o ano de 2023.

4.4 ETAPA “CHECAR”

No mês de março de 2023 foram reunidos a equipe de processos junto com a equipe de melhoria contínua e novos membros da equipe de manutenção, das áreas de elétrica e mecânica, com a finalidade de checar os resultados obtidos até o momento. Inicialmente foram relatados quais planos se mostravam concluídos, quais estavam atrasados e os que estavam em dia. O Quadro 8 mostra a situação dos planos de ação.

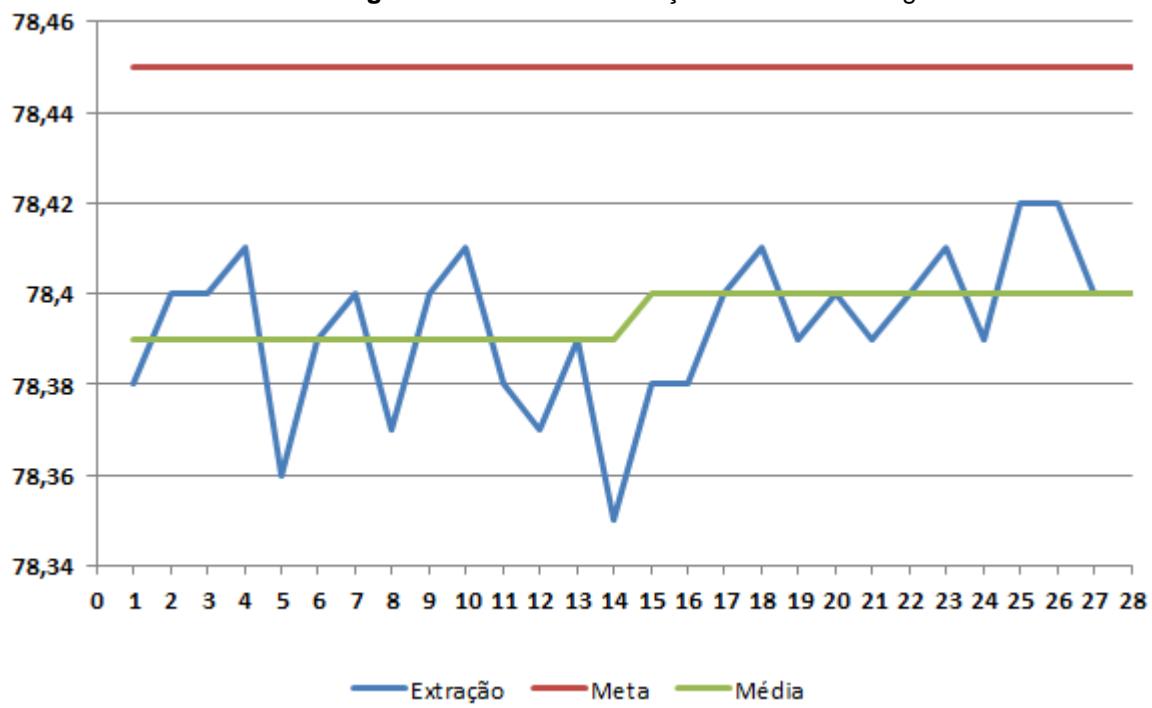
Quadro 8. Situação de cada plano de ação.

Ação	Situação	Observação
Estabelecer estratégia de compra para rolos com diâmetro igual a 300 mm	Em dia	Aquisição de 8 pares de rolos no mês de fevereiro e mais 8 pares no mês de abril
Solicitar visita técnica para guiar a etapa do <i>plansifter</i>	Concluído	-
Realizar rastreabilidade dos motores queimados	Em dia	-
Aumentar a frequência de troca de telas das turbopeneiras	Atrasado	-
Solicitar visita técnica para levantamento de oportunidades e avaliar a aquisição de novos sassores	Atrasado	Aquisição de novos sassores adicionado à lista de compras Capex para 2023
Testar operação da linha de produção A sem utilização dos sassores	Concluído	
Testar outro parceiro para manutenção de motores	Atrasado	

Fonte: Autor (2023)

Aos que se apresentaram atrasos, foi discutida uma nova data limite para execução. Em seguida, foi analisado como estava o KPI de extração de farinha de trigo até o momento. A Figura 12 mostra a extração de farinha de trigo na linha de produção A, dia a dia, no mês de fevereiro.

Figura 12. Análise da extração de farinha de trigo.



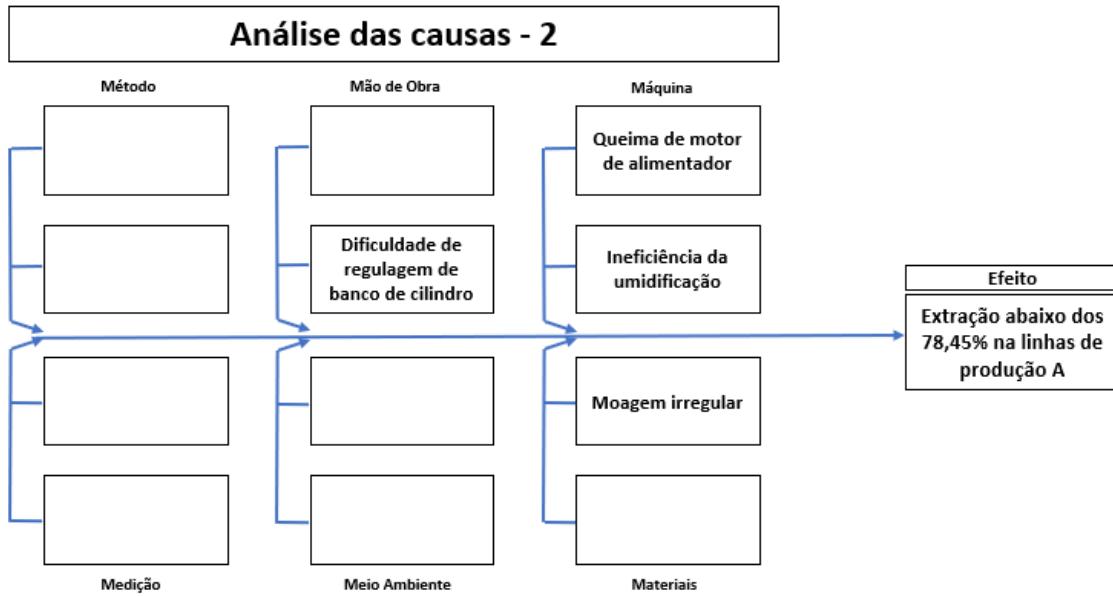
Fonte: Autor (2023).

No dia 15 de fevereiro, foi realizada a troca dos 8 novos pares de rolos de Trituração e a partir dessa data foi possível observar que o comportamento da extração no moinho apresentou mudança. Foi possível ver os ganhos na extração, nota-se que a média da extração passou de 78,39 a 78,40 após a troca dos 8 pares de rolos, assim, evidenciado que a causa de moagem irregular levantada pela equipe na etapa de planejamento se mostrou bastante relevante. Entretanto, ainda não foi possível atingir a meta de 78,45%, então, segui-se para a etapa de agir onde foram analisados os problemas reincidentes no processo.

4.5 ETAPA “AGIR”

A etapa agir se configurou de maneira análoga à etapa do planejar, passando pela etapa do *brainstorm* e organização das possíveis causas em um diagrama de Ishikawa através do método 6M, diferenciando pelo levantamento das causas recorrentes da problemática ou de novas anomalias do processo que possam ter aparecido. Na Figura 13 pode ser visto o diagrama de Ishikawa da etapa “agir”.

Figura 13. Brainstorm das possíveis causas no Diagrama de Ishikawa da etapa agir.



Fonte: Autor (2023)

Em seguida, novamente, passou-se pela etapa de votação de priorização das possíveis causas remanescentes como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Votação para priorização das causas remanescentes

Priorização da equipe		Maria	José	João	Eduarda	Larissa	Paulo	Daniel	Fernanda	Marcela	Nilton	Total
	Causas influentes											
1	Moagem irregular	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	90
2	Ineficiência da umidificação	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9	84
3	Queima de motor de alimentador	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	78
4	Dificuldade de regulagem de banco de cilindro	9	9	9	3	9	9	9	3	3	9	72
Legenda: 9 - FORTE Relação 3 - MODERADA Relação 1 - FRACA Relação 0 - NENHUMA Relação												

Fonte:

Autor (2023)

Após a realização da troca dos rolos, com a aquisição dos 8 novos pares foi possível realizar a raiação nos rolos mais antigos. Com isso foi possível observar um mal funcionamento da raiadora que a indústria possui. Então, a moagem ainda se manteve irregular quando foi utilizado as raias antigas. O Quadro 9 mostra a causa raiz da moagem irregular.

Quadro 9. Análise da causa raiz da moagem irregular.

Causa 1	Motivo	O que fazer/Como fazer
Moagem irregular	Rolos de Trituração moendo apenas nas extremidades	Realizar manutenção na raiadora com time qualificado para diagnóstico da anomalia e tratamento
Rolos de Trituração moendo apenas nas extremidades	Componentes da raiadora folgados e barramento desgastado	
Componentes da raiadora folgados e barramento desgastado	-	

Fonte: Autor (2023)

Foi pontuada, ainda, a ineficiência da etapa da umidificação do trigo, como pode ser visto no quadro 10.

Quadro 10. Análise da causa raiz da ineficiência da umidificação.

Causa 2	Motivo	O que fazer/Como fazer
Ineficiência da umidificação	Falha no equipamento de dosagem da água	Substituir tubulações de ferro por aço inox
Falha no equipamento de dosagem da água	Equipamento não modula para maiores dosagens de água	
Equipamento não modula para maiores dosagens de água	Obstrução parcial das linhas de alimentação	

Fonte: Autor (2023)

A utilização de ferro no equipamento de dosagem acabou por gerar corrosão. Então como ideia inicial para a resolução desta anomalia foi sugerida a substituição das tubulações de ferro por aço inox. Logo após, foi analisada a queima dos motores dos alimentadores (Quadro 11).

Quadro 11. Análise da causa raiz da queima de motor de alimentador.

Causa 3	Motivo	O que fazer/Como fazer
Queima de motor de alimentador	Motor travado	Reavaliar método de execução de preditiva
Motor travado	Motorredutor com desgaste prematuro na engrenagem de bronze	
Motorredutor com desgaste prematuro na engrenagem de bronze	Falta de lubrificação	
Falta de lubrificação	Falta de acesso em lubrificação <i>in loco</i>	

Fonte: Autor (2023)

A manutenção preditiva necessitou passar por uma reavaliação de metodologia por parte da equipe de manutenção para que as queimas diminuíssem a frequência de ocorrência.

Por fim, foi pontuada a causa raiz da dificuldade de regulagem dos bancos de cilindros, como pode ser visto no Quadro 12.

Quadro 12. Análise da causa raiz da dificuldade de regulagem de banco de cilindro.

Causa 4	Motivo	O que fazer/Como fazer
Dificuldade de regulagem de banco de cilindro	Volantes travados e pesados	Avaliar uma nova configuração de posicionamento da mangueira pneumática
Volantes travados e pesados	Falha no sistema pneumático	
Falha no sistema pneumático	Posicionamento de mangueira pneumática facilitando rompimento (altas temperaturas, próximo a partes girantes, etc)	

Fonte: Autor (2023)

Após a análise das causas raízes das anomalias novas ou recorrentes foi construído novos planos de ações com a ferramenta 5W2H (Quadro 13).

Quadro 13. Cronograma dos planos de ações das anomalias novas e/ou recorrentes.

O quê?	Por quê?	Quando?	Quem?	Onde?	Como?	Quanto?
Realizar manutenção na raiadora com time qualificado para diagnóstico da anomalia e tratamento	Componentes da raiadora folgados e barramento desgastado	05/maio	Manutenção	Manutenção	Reuniões entre fornecedores e equipe comercial	Capex
Realizar troca de material do dosador de água	Obstrução parcial das linhas de alimentação	20/abril	Manutenção	Manutenção	Reuniões entre fornecedores e equipe comercial	Capex
Reavaliar método de execução de preditiva	Falta de acesso em lubrificação in loco	15/abril	Manutenção	Manutenção	Reunião de reavaliação da preditiva entre líderes da manutenção	-
Avaliar uma nova configuração de posicionamento da mangueira pneumática	Posicionamento de mangueira pneumática facilitando rompimento	20/abril	Manutenção/Operações	Moagem	Reunião de avaliação entre a equipe de manutenção e operações	-

Fonte: Autor (2023)

4 CONCLUSÕES

Esse trabalho aplicou ferramentas de melhoria contínua para a otimização do processo de moagem do trigo com a finalidade de aumentar a extração de farinha que foi utilizada como indicador-chave de performance (KPI) em moinhos de trigo.

A aplicação do ciclo PDCA nos processos produtivos do ambiente industrial, juntamente com as metodologias de análise e gerenciamento, contribuiu para a melhoria da produtividade, já que foi possível observar ganho no indicador do estudo.

O objetivo de alcançar a meta de 78,45% de extração não foi atingido, por isso foi necessário à execução da etapa agir para que fosse trabalhado novas e recorrentes anomalias do processo, assim, evidenciando a importância desta ferramenta como guiadora de problemáticas em um ambiente industrial.

6 REFERÊNCIAS

- ABRITRIGO. Associação Brasileira de Indústria de Trigo. **Moagem de trigo no Brasil atinge a marca de 12,67 milhões de toneladas em 2021.** 2022. Disponível em: <https://www.abitrito.com.br/>; Acesso em: 10 jan. 2023.
- ALENCAR, J. F. **Utilização do ciclo PDCA para análise de não conformidades em um processo logístico.** Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2008.
- AMARO, I.P.M. **Qualidade tecnológica de farinhas suplementadas com glúten extrusado e aplicadas à panificação.** Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. 2020.
- ANTUNES, E. GUTKOSKI, L. C. ROMAN, I. T. Avaliação do grau de extração de farinhas de trigo e de milho em moinho tipo colonial. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 153-166, jul./dez.1999.
- AMORIM, M. V. F. S. **Desenvolvimento de um novo processo de limpeza e condicionamento de grãos de trigo.** Universidade Federal do Ceará – UFC. 2007.
- ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; ZANDONADI, R. P. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 467-474, 2010.
- BERGA, S. **Manual Turboescova Horizontal para Farelo GSO.** São Paulo. 2018.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- CAVALCANTE, N.G.L. **Processo de rotina de acompanhamento dos projetos capex em um hospital particular da Paraíba.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, 2017.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Consumo de trigo no Brasil deve bater recorde de 12 milhões de toneladas em 2020.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>; Acesso em: 05 jan. 2023.
- COSTA, M. G.; SOUZA, E. L.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 220-225, 2008.
- COSTA, T. B. S.; MENDES, M.A. **Análise da causa raiz:** Utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacaueicultora. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE. X, Sergipe, 2018.
- DARONCO, J. E. **CAPEX e OPEX: o que é e quais as diferenças?.** 2018. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/capex/#:~:text=f%C3%A1brica%20e%20outros.-,Qual%20a%20diferen%C3%A7a%20entre%20OPEX%20e%20CAPEX%3F,im%C3%A1genes>

%B3veis%20m%C3%A1quinas%20entre%20outros. Acesso em: 02 de Abril. 2023

DIAS, C.M. FREITAS, M.C.J. CERQUEIRA, P.M. Análise físico-química de farinha de trigo tradicional. **Nutrição Brasil**. v.14, n.1, 2015.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Descrição dos métodos usados para avaliar a qualidade do trigo**. 2009. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do112_5.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Normas de classificação comercial de trigo e de farinha de trigo no Brasil**. Uma perspectiva histórica. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143607/1/Documentos-199-online.pdf>. Acesso em: 20 abril. 2023

FCStone. **Dinâmica de preços de farelo de trigo no Brasil: Condicionantes de oferta e demanda e projeções**. Disponível em: <https://www.mercadosagricolas.com.br/>. Acesso em: 11 jan. 2023.

FERREIRA, E. G. **Estudo para estabelecer os parâmetros de relação entre o teor de sais minerais e a colorimetria na farinha de trigo**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2019.

GAMME, I.; LODGAARD, E. Organizational or systems boundaries; possible threats to continuous improvement process. **Procedia**, v. 79, p. 505-510, 2019.

GILVAN SILVA. **Caracterização e Digestibilidade dos Farelos Fino e Grosso de Trigo**. Recife, 2006.

ITPC. Instituto Tecnológico da Panificação e Confeitaria. **Os diferentes tipos de farinha de trigo para o setor**. 2018. Disponível em: <http://institutoitpc.org.br/2019/01/28/os-diferentes-tipos-de-farinha-de-trigo-para-o-setor/>. Acesso em: 01 de Abril. 2023.

IQBAL, M. J.; SHAMS, N; FATIMA, K. Nutritional Quality of Wheat. **Intech Open**, 2022.

LEÃO, D. **Avaliação comparativa do potencial de farelo de trigo comercial e pericarpo de queijo como substratos na produção de fibras com capacidade antioxidante**. Belo Horizonte, 2013.

LOVERA, M. M. **Qualidade tecnológica de farinha de trigo obtida em diferentes frações do diagrama de moagem**. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, p. 97, 2020.

MACHADO, R.; FRANCISCO, A. C. Melhoria contínua como ferramenta para o aumento da competitividade organizacional: Um estudo de caso no setor metalúrgico. In: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. XII, São Paulo, 2005.

PACHECO, A. P. R; SALLES, B. W. GARCIA, M. A. POSSAMAI, O. O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: Uma abordagem sistemática. Disponível em: [isssbrasil.usp.br/artigos /ana.pdf](https://isssbrasil.usp.br/artigos/ana.pdf). Acesso em: 11 jan. 2023.

PEREIRA, Tomas Felipe de Souza. **Gestão de CAPEX: um estudo de caso sobre otimização da gestão financeira durante a execução de um projeto.** 2018. 39 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.

PENA, M. M.; MELLEIRA, M. M. O método de análise de causa raiz para a investigação de eventos adversos. **Revista de Enfermagem UFPE Online**, v. 11, n. 12, 2017.

PINHEIRO, A.R. **Utilização do método 6W3H para o aumento da eficiência em uma linha de produção de farinha de trigo.** Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p. 37, 2021.

PINTO, R. R. **Balanço de massa do processo de produção de farinha de trigo.** Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SANTOS NETO, A.; MOREIRA, A. R. C.; PINHEIRO, B. E.; GOMES, J. S.; OTAL, L. O.; FRAGOSO, M. N. Quadro 5W2H: uma ferramenta para definição do problema de projeto e de suas variáveis. **Perspectivas Online: Humanas e Sociais Aplicadas**, v. 16, p. 23-30, 2016.

SECRETARIA ESPECIAL DE PRODUTIVIDADE, EMPREGO E COMPETITIVIDADE. MINISTÉRIO DA ECONOMIA - BRASIL. **Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura.** Brasil, 2020.

SOARES, Carla. **Utilização do farelo de trigo em substituição ao fubá de milho na dieta de vacas em lactação.** Viçosa, 2002.

SOUZA, R. **Farinha de trigo: Fluxograma.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, jan. 2004. Disponível em: https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/farinha_tr/fluxograma-base.htm Acesso em: 16 mar. 2023.

SILVA JUNIOR, S.P; CALLEFI, J.S. Implementação e continuidade do Ciclo PDCA: Um estudo de caso no setor metálico. **GEPROS. Gestão da produção, Operações e Sistemas**, v. 15, n. 3, p. 155 – 182, 2020.