

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS, ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

THAÍS MARIA MOURA VIEIRA

**MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE DOS
EQUIPAMENTOS DE UM LATICÍNIO**

ITUIUTABA
2024

THAÍS MARIA MOURA VIEIRA

**MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE DOS
EQUIPAMENTOS DE UM LATICÍNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentado como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção na Universidade
Federal de Uberlândia.

Orientadora: Gabriela Lima Menegaz

ITUIUTABA
2024

MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS DE UM LATICÍNIO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), aprovado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Uberlândia, pela banca examinadora formada por:

Ituiutaba, 05 de novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Gabriela Lima Menegaz (orientadora), Universidade Federal de Uberlândia

Prof.^a Dr.^a Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa, Universidade Federal de Uberlândia

Prof.^a Dr.^a Déborah Oliveira Almeida Carvalho, Universidade Federal de Uberlândia

Aos meus pais que sempre me apoiaram acreditaram em minhas escolhas e acreditaram no meu potencial. A todos meus familiares que me apoiaram. A todos os professores que contribuíram para minha formação profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia por toda a estrutura de ensino oferecida, que proporcionou meu crescimento profissional. Em especial, à minha professora e orientadora Gabriela, pela orientação, confiança e apoio.

Agradeço à empresa onde foi realizado o estudo e a todos que contribuíram com as informações apresentadas.

Manifesto também minha gratidão a toda a minha família, parentes e amigos, que me apoiaram e contribuíram para que eu alcançasse a conclusão deste curso. De maneira especial, minha eterna gratidão às pessoas mais importantes da minha vida: Valdir e Itelma. Com vocês, encontrei a força necessária para essa grande conquista.

“Você deve ser a mudança que deseja ver no mundo.”

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo sobre a análise e classificação do nível de criticidade dos equipamentos de uma indústria de laticínios localizada no Triângulo Mineiro. A indústria de laticínios tem uma posição de destaque na economia brasileira, sendo o Brasil o quarto maior produtor de leite do mundo. Nesse contexto de grande competitividade e demanda por eficiência, a pesquisa investigou como a classificação da criticidade dos equipamentos poderia contribuir para a melhoria dos processos produtivos, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a eficiência operacional. Para tanto, adotou-se uma metodologia baseada na classificação ABC, que permitiu identificar os equipamentos críticos para o processo produtivo. A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma abordagem qualitativa, com observações *in loco* e entrevistas com os responsáveis pela manutenção da empresa. Através do mapeamento dos maquinários e da aplicação de critérios de criticidade, foi possível propor a implementação de um plano de manutenção preventiva. Os resultados indicaram que os equipamentos classificados como de alta criticidade (classe A) apresentam maiores impactos negativos no fluxo produtivo, sendo responsáveis por paradas frequentes que afetam diretamente a produtividade e os custos operacionais. Com base nisso, sugeriu-se um plano de manutenção preventiva, voltado especificamente para os equipamentos mais críticos, com potencial para melhorar a confiabilidade e reduzir as paradas não planejadas. Apesar das limitações, como a impossibilidade de implementação prática imediata das recomendações, o estudo oferece uma base para futuras análises e intervenções que ampliem a eficiência da gestão de manutenção na indústria de laticínios.

Palavras-chave: Manutenção preventiva; criticidade de equipamentos; indústria de laticínios; classificação ABC; gestão de manutenção.

ABSTRACT

This paper presents a study on the analysis and classification of the criticality level of equipment in a dairy industry located in the Triângulo Mineiro region. The dairy industry has a prominent position in the Brazilian economy, with Brazil being the fourth largest milk producer in the world. In this context of great competitiveness and demand for efficiency, the research investigated how the classification of the criticality of equipment could contribute to the improvement of production processes, with the objective of reducing costs and increasing operational efficiency. To this end, a methodology based on the ABC classification was adopted, which allowed the identification of critical equipment for the production process. The research was developed based on a qualitative approach, with on-site observations and interviews with those responsible for maintenance at the company. Through the mapping of machinery and the application of criticality criteria, it was possible to propose the implementation of a preventive maintenance plan. The results indicated that equipment classified as highly critical (class A) have greater negative impacts on the production flow, being responsible for frequent shutdowns that directly affect productivity and operational costs. Based on this, a preventive maintenance plan was suggested, specifically targeting the most critical equipment, with the potential to improve reliability and reduce unplanned downtime. Despite limitations, such as the impossibility of immediate practical implementation of the recommendations, the study provides a basis for future analyses and interventions that increase the efficiency of maintenance management in the dairy industry.

Keywords: Preventive maintenance; equipment criticality; dairy industry; ABC classification; maintenance management.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1 – Evolução da manutenção | Página 16 |
| Figura 2 – Critério da classificação ABC..... | Página 22 |
| Figura 3 – Fluxograma da classificação ABC | Página 22 |
| Figura 4 – Processo simplificado da fabricação das bebidas fermentadas | Página 28 |
| Figura 5 – Planta produtiva da empresa | Página 31 |
| Figura 6 – Proposta de tagueamento dos equipamentos | Página 34 |
| Figura 7 – Questionário desenvolvido | Página 36 |
| Figura 8 – Classificações utilizadas na análise | Página 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1 – Problemas identificados na manutenção da empresa | Página 30 |
| Tabela 2 – Listagem dos equipamentos do laticínio | Página 32 |
| Tabela 3 – Equipamentos tagueados | Página 34 |
| Tabela 4 – Cálculo do índice MTBF | Página 38 |
| Tabela 5 – Equipamento e classificação no parâmetro P5..... | Página 38 |
| Tabela 6 - Cálculo do índice MTTR..... | Página 40 |
| Tabela 7 – Equipamentos e classificação para o parâmetro P6..... | Página 40 |
| Tabela 8 – Resultados e quantidades | Página 43 |
| Tabela A.1 – Criticidade dos equipamentos..... | página 51 |
| Tabela B.1 – Cálculo MTBF – Parte 1..... | página 54 |
| Tabela B.2 – Cálculo MTBF – Parte 2..... | página 54 |
| Tabela B.3 – Cálculo MTBF – Parte 3..... | página 55 |
| Tabela B.4 – Cálculo MTBF – Parte 4..... | página 55 |
| Tabela B.5 – Cálculo MTBF – Parte 5..... | página 55 |
| Tabela B.6 – Cálculo MTBF – Parte 6..... | página 56 |
| Tabela B.7 – Cálculo MTBF – Parte 7..... | página 56 |
| Tabela C.1 – Cálculo MTTR – Parte 1..... | página 57 |
| Tabela C.2 – Cálculo MTTR – Parte 2..... | página 57 |
| Tabela C.3 – Cálculo MTTR – Parte 3..... | página 58 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Contextualização | 12 |
| 1.1.1 <i>Objetivo geral</i> | 13 |
| 1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> | 14 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 14 |
| 2.1 Histórico da manutenção | 14 |
| 2.2 Tipos de manutenções | 16 |
| 2.2.1 <i>Manutenção corretiva</i> | 17 |
| 2.2.2 <i>Manutenção preventiva</i> | 18 |
| 2.2.3 <i>Manutenção preditiva</i> | 18 |
| 2.2.4 <i>Manutenção detectiva</i> | 19 |
| 2.2.5 <i>Engenharia de manutenção</i> | 19 |
| 2.3 Métodos de criticidade..... | 20 |
| 2.3.1 <i>Métodos qualitativos para análise de criticidade</i> | 21 |
| 2.4 Indústria de laticínios | 23 |
| 3 METODOLOGIA..... | 25 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 4.1 Caracterização da empresa | 27 |
| 4.2 Realidade empresarial da manutenção | 28 |
| 4.3 Mapeamento dos equipamentos e tagueamento | 30 |
| 4.4 Análise da criticidade dos equipamentos..... | 36 |
| 4.4.1 <i>Cálculo do índice MTBF</i> | 37 |
| 4.4.2 <i>Cálculo do índice MTTR</i> | 39 |
| 4.5 Criticidade dos equipamentos..... | 42 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 45 |
| REFERÊNCIAS | 47 |
| APÊNDICE | 51 |
| Apêndice A – TABELA DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS..... | 51 |
| Apêndice B - TABELA DOS CÁLCULOS DO MTBF..... | 54 |
| Apêndice C – TABELAS DOS CÁLCULOS DO MTTR | 57 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Para Eisler (2010), a atividade exercida nas empresas de laticínios, que começou com características extrativistas, ocupa uma posição de destaque no cenário da economia nacional, visto que é um dos mais importantes setores do agronegócio do Brasil, país que tradicionalmente é grande produtor de leite. O Brasil é o quarto maior produtor de leite do mundo com 98 % de produção de leite em seus municípios. Em 2024, a produção de leite no Brasil se consolida como uma das principais commodities agrícolas, posicionando-se em quarto lugar, logo após a soja, a cana-de-açúcar e o milho. Apesar da elevação nos custos de produção e da intensa concorrência das importações, o setor permanece fundamental para o agronegócio brasileiro, demonstrando avanços em produtividade e a incorporação de novas tecnologias (Embrapa, 2024).

Com expressivo crescimento, as empresas internacionais têm conquistado posição de destaque nos mercados mais dinâmicos e de maior valor agregado ao tratar do leite. A partir do processamento industrial das matérias-primas e da entrega de produtos diferenciados aos consumidores, a indústria de laticínios busca aumentar sua eficiência produtiva, esforçando-se para produzir mais com menos, evitando desperdícios, seja de forma direta ou indireta, ao longo do processo produtivo (Wilkinson, 2008).

Nesse contexto, as empresas buscam constantemente novas ferramentas de gestão que possam aumentar sua competitividade, por meio da melhoria na qualidade e na produtividade de seus produtos, processos e serviços (Kardec e Nascif, 2004). A manutenção, uma área historicamente pouco visível, sempre existiu, inclusive nos tempos mais remotos. No entanto, ela começou a ser aplicada de forma sistemática na Europa Central no século XVI, com o surgimento do relógio mecânico, e se consolidou com o aparecimento dos primeiros técnicos especializados em montagem e assistência às indústrias. Durante o período de reconstrução do pós-guerra, a manutenção evoluiu com as mudanças no mercado, como a introdução da produção em série nas fábricas (Moro e Auras, 2021).

Com o passar dos anos, os conhecimentos sobre manutenção avançaram, principalmente, quando se começou a manipular equipamentos e desenvolver máquinas para fabricar bens de consumo. Assim, as suas aplicações aumentaram à medida que as novas necessidades surgiram, passando pelas revoluções industriais, se tornando uma atividade estrategicamente importante nas empresas (Santos, 2018). Para Kardec e Nascif (2005), o papel

da manutenção é garantir a disponibilidade confiável dos equipamentos e das instalações, assegurando tanto a segurança quanto a adequação dos custos. Compreender cada tipo de manutenção e aplicá-la corretamente é um fator essencial para otimizar as operações e a rentabilidade, assegurando a sobrevivência do negócio. A manutenção deve atuar como uma ligação entre os subsistemas de engenharia, suprimentos e inspeção de equipamentos, de modo a atender ao cliente interno, que é a produção.

As organizações beneficiaram-se do aumento da produção e dos lucros, e a necessidade de produzir em grande escala trouxe à indústria mundial uma nova perspectiva sobre o cenário produtivo. Esse cenário, caracterizado por constantes mudanças e alta competitividade, exige que a permanência das empresas no mercado dependa de uma busca contínua por adaptação às exigências do setor (Machado, 2018).

Sendo assim, a manutenção industrial deve estar com os seus objetivos alinhados aos objetivos da empresa, por ser um processo que pode afetar a rentabilidade da produção e por influenciar o volume e a qualidade de produção. Isto porque ela melhora o desempenho e a disponibilidade dos equipamentos, e por outro lado acresce nos custos de funcionamento, ou seja, o certo é criar um ponto de equilíbrio entre benefício e custo de forma a maximizar o trabalho positivo da manutenção para aumentar a lucratividade da empresa (Souza, 2008). De acordo com Cirilo e Marcos (2002), a manutenção tem a função de promover a maior disponibilidade das máquinas e dos equipamentos para garantir o bom funcionamento da produção de forma a contribuir no retorno dos investimentos aplicados.

Este trabalho sugere, para a indústria de laticínios localizada no Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais, a implementação de um plano de manutenção preventiva, em substituição às manutenções corretivas, com o objetivo de reduzir os custos associados a longas paradas que impactam o processo produtivo. A empresa em estudo adota a manutenção corretiva, identificada como a principal responsável por interrupções prolongadas, gerando perdas no processo de produção. Utilizando a ferramenta de fluxograma, é realizado o mapeamento dos processos e a classificação dos equipamentos por meio da metodologia ABC, permitindo a identificação dos equipamentos mais críticos.

1.1.1 Objetivo geral

O principal objetivo da presente pesquisa foi realizar uma análise e propor um plano de manutenção preventiva para máquinas específicas de uma empresa do setor de laticínios, com

o intuito de aprimorar o planejamento, controle e programação das atividades, além de reduzir os custos associados à manutenção.

1.1.2 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento e mapear os equipamentos do setor fermentados;
- Apontar o nível de criticidade apresentado por cada um destes equipamentos utilizando o método de classificação ABC;
- Apresentar a sugestão de qual tipo de plano de manutenção deve ser aplicado nos maquinários identificados com maior criticidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Histórico da manutenção

Antes da revolução industrial, a manutenção e suas equipes praticamente não existiam, porque a produção de mercadorias era feita sob encomenda, sem máquinas e equipamentos. Com o advento das máquinas a vapor, os usuários passaram a ser treinados para operar, lubrificar e reparar seus equipamentos. A manutenção foi encarregada de reparar os equipamentos após apresentarem avarias, com equipamentos menos complexos e superdimensionados (Siqueira, 2005; Cabral, 2006; Moubrey, 2000). Atualmente, pode ser definida como a manutenção técnica, que assegura o funcionamento regular e contínuo de máquinas e equipamentos, bem como as medidas necessárias para manter ou garantir sua estabilidade (Lima e Castilho, 2006). De acordo com essa ideia, Weber et al. (2008, p. 4) afirma que “essa manutenção inclui conservação, adequação, restauração, substituição e prevenção”.

O termo manutenção surgiu no campo na década de 1950 nos Estados Unidos. Na França, começou a substituir a palavra conservação. A manutenção era originalmente uma atividade que deveria ser exercida pela própria pessoa que operava a máquina. No entanto, com o desenvolvimento da tecnologia, os equipamentos tornaram-se mais precisos e sofisticados e, à medida que a estrutura comercial cresceu, foi introduzido o conceito de *Preventive Maintenance* - PM (Manutenção Preventiva), que é uma estratégia de manutenção planejada que visa prevenir falhas nos equipamentos, realizando inspeções, ajustes e substituições periódicas para garantir seu funcionamento contínuo e eficiente (Santos, 2018). Assim, a tarefa de manutenção mudou gradualmente, sendo dividida e atribuída a setores e funcionários

específicos das empresas. Com a sofisticação dos equipamentos industriais e com a mecanização nas décadas de 50 e 70, a necessidade de mão de obra especializada tornou-se um dos principais objetivos das organizações (Siqueira, 2005; Cabral, 1998; Lafraia, 2001).

Em 1975, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma TB-116 definiu o termo manutenção como todas as operações necessárias para manter ou restaurar um item para permanecer na forma desejada. Anos depois, em 1994, a NBR-5462 expandiu o conceito, implementando-o como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo medidas de controle, com o objetivo de preservar ou substituir o produto, garantindo que ele possa desempenhar a função requerida (ABNT, 1994).

Eventos históricos e o contínuo desenvolvimento tecnológico alteraram não apenas a definição da palavra manutenção, mas também os conceitos e suas aplicações, que podem ser divididas em gerações na literatura. A primeira geração corresponde ao período anterior à Segunda Guerra Mundial, iniciado com a construção das primeiras máquinas têxteis, por volta do século XVI (Ariza, 1989). Nesse período, especialmente no caso das pequenas indústrias mecanizadas, a produtividade não era priorizada, criando um cenário propício para o surgimento da manutenção corretiva, que representava um dos níveis mais baixos de organização e era executada apenas após a ocorrência de falhas (Lucatelli, 2002).

A segunda geração da manutenção foi caracterizada pelo aumento da mecanização da indústria pós Segunda Guerra Mundial, para atender ao aumento da demanda, levando a uma maior preocupação com as máquinas, que passaram a contar com equipes especializadas e assistência a partir das intervenções planejadas (Oliveira, 2016). Assim, a ideia de que falhas podem e devem ser evitadas foi introduzida e resultou no início da manutenção preventiva, onde as peças são substituídas com base em meios ou ciclos predeterminados, antes que ocorram falhas maiores (Lucatelli, 2002).

A terceira geração de manutenção teve início em 1970 e foi caracterizada por mudanças aceleradas que ocorreram, principalmente, no setor industrial. O inevitável desenvolvimento decorreu das novas exigências do mercado, que com a globalização enfatizou a necessidade de reduzir os custos operacionais (Lucatelli, 2002). O surgimento dessa geração também foi influenciado pelo sistema de produção *Just-In-Time* (JIT), que busca zero defeitos, evitando afetar os padrões de qualidade (Oliveira, 2016).

Na quarta geração da manutenção, as expectativas da geração anterior foram superadas, resultando no aumento da disponibilidade das máquinas, sendo este um dos principais indicadores de desempenho. Nessa geração, também se consolidou a Engenharia de Manutenção, que assegurou a disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade dos

equipamentos (Freire, 2012). A Figura 1 apresenta as quatro gerações da manutenção e suas características que foram modificadas ao longo do tempo:

Figura 1 – Evolução da manutenção
MANUTENÇÃO – FUNÇÃO ESTRATÉGICA

| EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO | | | | | | | | | | |
|--|--|------|---|------|---|------|---|------|--|------|
| Geração | Primeira Geração | | Segunda Geração | | Terceira Geração | | Quarta Geração | | Quinta Geração | |
| Ano | 1940 | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
| Aumento das expectativas em relação à Manutenção | • Conserto após a falha | | • Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento | | • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente | | • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Gerenciar ativos • Influir nos resultados do negócio | | • Gerenciar os ativos • Otimizar os ciclos de vida dos ativos • Influir nos resultados do negócio | |
| Visão quanto à falha do ativo | • Todos os equipamentos se desgastam com a idade e por isso falham | | • Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira | | • Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5 | | • Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F. (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5 | | • Planejamento do ciclo de vida desde o projeto para reduzir falhas | |
| Mudança nas técnicas de manutenção | • Habilidades voltadas para o reparo | | • Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção preventiva (por tempo) | | • Monitoramento da condição • Manutenção preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho disciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade | | • Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição • Redução nas manutenções preventiva e corretiva não planejada • Análise de falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade • Contratação por resultados | | • Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição <i>on</i> e <i>off-line</i> • Participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos • Garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência • Implementar melhorias objetivando redução de falhas • Excelência em engenharia de manutenção • Consolidação da contratação por resultados | |

Fonte: Kardec e Nascif (2009).

Assim, pode-se observar que a manutenção tende a evoluir conforme a evolução da indústria e da tecnologia. Atualmente, a manutenção já é um dos mais importantes fatores responsáveis pela produtividade e qualidade dos produtos e serviços. Com o avanço da tecnologia e a criação de novas e mais sofisticadas ferramentas, a manutenção fica mais fácil e visa conquistar cada vez mais o mercado competitivo (Kardec e Nascif, 2009).

2.2 Tipos de manutenções

Estudos indicam que todas as atividades de manutenção podem ser classificadas em duas grandes categorias: corretiva e preventiva. A manutenção corretiva é uma categoria que envolve a correção de falhas ou quebras dos equipamentos após sua ocorrência, ou seja, é realizada quando o equipamento já deixou de funcionar ou apresenta defeitos, sendo necessária para restaurar seu pleno funcionamento (Santos, 2008). Já dentro do grupo preventivo, a

manutenção preditiva e a manutenção detectiva são identificadas como técnicas específicas. Outros autores subdividem a manutenção preventiva em duas subcategorias: preventiva sistemática, correspondente à manutenção preventiva tradicional, e preventiva condicional, que se refere à manutenção preditiva (Lucatelli, 2002).

Kardec e Nascif (2009), apontam seis categorias para caracterizar os tipos de manutenção: corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção. A manutenção detectiva, apesar de não ser considerada por Moubray (2000) como um novo tipo de manutenção, foi incorporada às práticas tradicionais e já é amplamente utilizada na área industrial. Desse modo, considerando os manuais de práticas tradicionais de manutenção, pode-se dizer que os tipos de manutenção são divididos em categorias de manutenção planejada e não planejada, e em subcategorias corretiva, preventiva e preditiva.

2.2.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva consiste na correção de falhas, panes ou quebras, ou seja, quando um aparelho não cumpre a função ao qual se destina (Branco Filho, 2006). Nesse cenário, o objetivo da manutenção é substituir peças ou componentes que estejam desgastados e parados devido a falhas ou quebras. Conseqüentemente, uma grande parte da manutenção geral é desperdiçada em manutenção corretiva. Alguns especialistas classificam a manutenção corretiva como manutenção não planejada e planejada (Dhillon, 2002). É inerente à manutenção corretiva não planejada agir sobre fatos que já ocorreram, mesmo que esses fatos resultem em desempenho inferior ou em falha indesejada. Não há tempo para preparar componentes ou planejar a manutenção. Assim, a manutenção corretiva não planejada é o reparo da falha para evitar outras conseqüências (Willians, 1994; *apud* Castella, 2001).

A manutenção corretiva planejada, por outro lado, consiste na manutenção de uma falha do equipamento ou condições anormais de operação e o reparo depende da decisão da gerência de monitorar proativamente ou operar até a falha. A decisão de adotar uma política de manutenção planejada pode ser baseada em vários fatores, tais como: negociação de paradas do processo produtivo com a equipe de produção, considerações de segurança, melhor planejamento de manutenção, garantia de ferramentas e peças, e necessidades humanas, como a terceirização de serviços. Este tipo de manutenção permite planejar os recursos necessários aos trabalhos de manutenção, pois são esperadas falhas (Pinto e Xavier, 2001 *apud* Muassab, 2002). Logo, a principal vantagem desse tipo de manutenção é que sua execução não exige um

planejamento robusto. Por outro lado, exige um estoque maior de peças de reposição, gera incerteza e leva a paradas inesperadas (Pazeto, 2016).

2.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva consiste em medidas aplicadas a equipamentos que ainda estão em pleno funcionamento, ou seja, dentro das condições e especificações operacionais (Branco Filho, 2006). Trata-se de uma operação de manutenção destinada a manter os equipamentos em condições satisfatórias para a produção (Sullivan et al., 2004). Segundo Xenos (2004), a manutenção preventiva deve ser realizada com regularidade e é um recurso essencial para qualquer empresa. Embora possa envolver custos elevados, devido à substituição de componentes antes do fim de sua vida útil, ela reduz o número de defeitos e aumenta a produtividade, tornando-se, a longo prazo, mais econômica que a manutenção corretiva. Além disso, a manutenção preventiva diminui quebras inesperadas e aprimora o controle de desempenho dos equipamentos (Viana, 2009).

Em comparação com a manutenção corretiva, a manutenção preventiva apresenta vantagens, como redução de peças sobressalentes e seus custos, redução do risco de grandes falhas e acidentes de manutenção, redução do número de paradas não planejadas e adoção de medidas simples como lubrificação, ajuste e inspeção visual (Ramírez et al., 2002). Por outro lado, ela também apresenta algumas desvantagens, como a necessidade de histórico de falhas extenso e confiável, a possibilidade de induzir falhas, manutenção excessiva de componentes com taxas de falha abaixo de uma determinada frequência e a necessidade de tempo de inatividade para realizar as operações (Gouws e Gouws, 1997).

2.2.3 Manutenção preditiva

Com o objetivo de introduzir um tipo alternativo de manutenção que cubra as deficiências dos métodos existentes, surgiu a manutenção preditiva, baseada no monitoramento dos “sinais vitais” das máquinas. Por meio das atividades do sistema, variáveis ou parâmetros que mostram o desempenho dos equipamentos são monitorados para que se possa definir a necessidade ou não de ação (Branco Filho, 2000).

A NBR 5462 (ABNT, 1994) define a manutenção preditiva como aquela que garante a qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de métodos analíticos, usando controle centralizado ou ferramentas de teste para reduzir a manutenção preventiva ao mínimo

e a manutenção corretiva. Assim, as práticas preditivas visam prevenir quebras e permitir que os equipamentos operem continuamente pelo maior tempo possível (Kardec e Nascif, 2009).

Segundo Xenos (2004), a manutenção preditiva permite otimizar a substituição de peças ou a renovação de componentes e ampliar o intervalo de manutenção, visto que pode ser utilizada para prever quando uma peça ou componente está próximo do fim de sua vida útil. A desvantagem desse tipo de manutenção é o grande investimento inicial e a necessidade de mão de obra qualificada (Lucatelli, 2002). A manutenção preditiva é, portanto, o ponto do diagrama de investimento em manutenção com o melhor retorno, sendo fácil de usar e com custos que ainda se pagam. Uma análise mais detalhada mostra que os custos podem variar significativamente dependendo das ferramentas e métodos usados na manutenção corretiva e preventiva. Ferramentas simples de gerenciamento e o baixo custo permitem esse tipo de abordagem de manutenção (Kardec, 2005).

2.2.4 Manutenção detectiva

O termo manutenção detectiva é derivado da palavra “detectar” e é conhecido desde a década de 1990. Essa prática visa aumentar a confiabilidade dos equipamentos, pois se caracteriza pela intervenção de sistemas de defesa para identificar falhas ocultas nos equipamentos e falhas imperceptíveis ao pessoal de operação (Souza, 2008). Assim, um exemplo de aplicação da manutenção detectiva para aumentar a confiabilidade do processo:

Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade (Ferreira, 2008, p. 23).

Essa prática é especialmente importante em ambientes com um alto nível de automação industrial ou em processos críticos, onde qualquer falha pode ter consequências severas (Souza, 2008). Portanto, o aumento da automação exige um monitoramento constante de componentes que, se não forem testados regularmente, podem falhar sem que a equipe perceba, comprometendo a eficiência e a segurança do sistema.

2.2.5 Engenharia de manutenção

Segundo Kardec e Nascif (2009), a engenharia de manutenção consiste em seguir *benchmarks*, aplicando técnicas modernas com o objetivo de aumentar a confiabilidade,

usabilidade, segurança e manutenibilidade dos equipamentos. Com a manutenção preditiva, a prática da engenharia de manutenção pode ser considerada uma mudança de paradigma, principalmente devido às alterações no modo de operação e ao estabelecimento de uma política de melhoria contínua na área de manutenção.

Entre seus principais objetivos estão: eliminar problemas crônicos, resolver questões tecnológicas, aprimorar a gestão de pessoal, materiais e sobressalentes, além de participar de novos projetos e apoiar sua implementação. Ela também envolve a realização de análises e investigações de falhas, a elaboração de planos de manutenção, a realização de análises críticas e o monitoramento de indicadores, sempre em conformidade com a documentação técnica (Kardec e Nascif, 2009).

Ao relacionar, uma empresa que aplica engenharia de manutenção não apenas realiza o monitoramento preditivo de seus equipamentos e máquinas, mas também insere sua própria estrutura de informações e dados de manutenção, permitindo análises e pesquisas para recomendar melhorias futuras (Almeida, 2013).

2.3 Métodos de criticidade

Segundo Costa, Melo e Santos (2020), um dos principais atributos do planejamento é inspecionar e estudar os equipamentos, entender qual é o melhor método de manutenção em cada caso e criar um cronograma que leve em consideração a programação de paradas de acordo com os tipos e tempos de cada operação. Esse tipo de pesquisa pode ser feito por meio da análise de criticidade dos equipamentos, que é usada para determinar a priorização e definir técnicas que atendem à manutenção.

Os autores Horenbeek e Pintelon (2010) destacam a importância da determinação de um nível crítico que possa expressar a adequação de cada equipamento no processo produtivo, considerando também a segurança, qualidade, impacto ambiental e econômico. As falhas ou interrupções dentro de cada fator podem ser justificadas por suas consequências. Baran (2015) lembra que equipamentos e sistemas cujas falhas possuem capacidade de afetar a produção, a qualidade do produto e os processos são de grande importância na análise de criticidade dos gestores, principalmente por causarem impacto financeiro na organização. Assim, Mobley, Higgins e Wikoff (2008) aponta que critérios de manutenção para determinar a importância de um equipamento em um processo de produção ou manutenção devem incluir a sua disponibilidade. Ou seja, é necessário conhecer o efeito da indisponibilidade do equipamento e quanto sua indisponibilidade impacta na produção.

A escolha do método utilizado na análise de criticidade depende de fatores como: a experiência da equipe com a ferramenta; níveis de profundidade de análise; o tipo de abordagem utilizada (qualitativa ou quantitativa); dados disponíveis; os parâmetros e critérios utilizados e entre outros. Siqueira (2009) aponta que ferramentas quantitativas precisam de um banco de dados confiável de equipamentos e experiência porque muitas vezes é necessária análise matemática. No entanto, os modelos quantitativos têm uma desvantagem comum: eles não levam em conta as características inerentes de cada processo, as interações entre eles e critérios funcionais específicos, como econômico, seguro e ambiental (Teng e Ho, 2000; Thomaidis e Pistikopoulos, 2004).

2.3.1 Métodos qualitativos para análise de criticidade

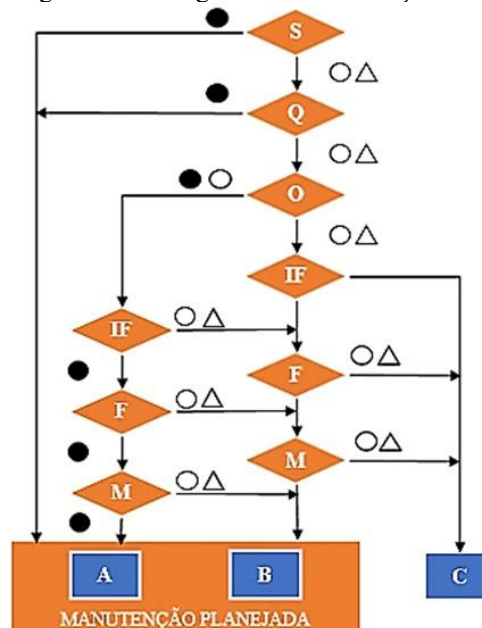
Entre os métodos qualitativos possíveis de estudo de criticidade está a análise ABC, que se baseia em três critérios: a frequência da ocorrência do defeito, a dificuldade de detectar o defeito e o efeito do defeito na eficiência geral da máquina. A *Japan Institute of Plant Maintenance* - JIPM (1995) define os seguintes critérios a serem analisados para classificação: segurança (S), que avalia o risco potencial de um acidente quando ocorre a falha; qualidade (Q), que está relacionada ao risco de perdas, reclamações ou retrabalhos; operação (O), que indica o tempo de operação do equipamento; impacto econômico (IF), que mostra o impacto no processo devido a falha; taxa de falhas (F), que indica a frequência de ocorrência de falhas no equipamento, que é calculada pelo índice MTBF (*Mean Time Between Failures*); e manutenção (M), relacionada ao tempo médio de reparo do equipamento, calculada pelo índice MTTR (*Mean Time To Repair*). Os critérios estão mostrados na Figura 2. O fluxograma usado para classificar os equipamentos nas classes A, B ou C é mostrado na Figura 3.

Figura 2 – Critério da classificação ABC

| | | CLASSE | | |
|----|--|--------------------------------------|--|-------------------------------|
| | | ● | ○ | △ |
| S | Risco potencial de um acidente quando ocorre uma falha | Risco Alto | Risco médio ou baixo | Risco descartado |
| Q | Risco de Perdas, reclamações, retrabalhos. | Risco alto para perdas e retrabalhos | Risco médio para perdas e retrabalhos | Risco baixo ou descartado |
| O | Tempo de operação do equipamento | 24h/dia | 8 a 24h/dia | <= 8h/dia |
| IF | Impacto no processo durante falha do equipamento | Interrompe todo processo de produção | Não interrompe processo, mas gera perdas | Não há impacto significativo |
| F | Frequência de falha do equipamento | Maior que 01 falha / 02 meses | 1 falha / 02 e 06 meses | Menor que 01 falha / 06 meses |
| M | Tempo médio de reparo (MTTR) | MTTR>2h | 0,5h<MTTR<2h | MTTR<0,5h |

Fonte: JIPM (1995).

Figura 3 – Fluxograma da classificação ABC



Fonte: JIPM (1995).

Siqueira (2009) define as classes de criticidade dos equipamentos da seguinte maneira: a classe A corresponde a equipamentos altamente críticos, fundamentais para as políticas de manutenção preventiva. Nessa classe, são aplicadas técnicas preventivas e preditivas com foco na redução de falhas e custos. Métodos como a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) são utilizados para identificar as necessidades de manutenção, priorizando a confiabilidade dos equipamentos. Outro método empregado é a Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticidade (FMECA), que visa identificar e priorizar falhas nos sistemas. A classe B

refere-se a equipamentos críticos para o processo, nos quais o uso de técnicas de manutenção preventiva ou preditiva é apropriado e inclui a atuação de equipes de melhoria contínua e análises de falhas no setor de manutenção. Por fim, a classe C abrange equipamentos de menor importância ou impacto no processo, em que, após a aplicação de técnicas corretivas e preventivas, o monitoramento de falhas concentra-se na redução da reincidência.

O índice MTBF está relacionado ao tempo em que os equipamentos operaram sem apresentar falhas. Ele mede a confiabilidade dos equipamentos, isto é, o intervalo de tempo que eles funcionaram sem interrupções entre uma falha e outra. Conforme exposto por Kardec e Nascif (2009), a confiabilidade dos equipamentos é um fator para garantir a eficiência dos processos produtivos, sendo assim o MTBF um dos principais indicadores utilizados para monitorar o desempenho dos ativos e identificar o tempo médio de operação contínua até a ocorrência de uma falha (Beltrame et al., 2020). O cálculo deste índice é realizado por meio da Equação (1).

$$MTBF = \frac{\text{Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}} \quad (1)$$

O índice MTTR pode ser descrito como uma métrica que quantifica a eficiência da manutenção, medindo o tempo que os equipamentos ficaram indisponíveis para produção devido a falhas (Mendes e Ribeiro, 2014). Essa métrica é importante para avaliar o desempenho das equipes de manutenção, uma vez que o tempo de reparo influencia diretamente na disponibilidade operacional dos ativos. Branco Filho (2006) define a manutenção corretiva como uma intervenção voltada para a substituição de peças ou componentes que apresentaram falhas e o MTTR oferece uma visão clara de quanto tempo foi necessário para que o equipamento voltasse a operar após tais falhas. Seu cálculo é feito a partir da Equação (2).

$$MTTR = \frac{\text{Somatório dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (2)$$

2.4 Indústria de laticínios

O Brasil é considerado um dos maiores produtores de leite do mundo. Entre 2008 e 2016, o país ocupou o sétimo lugar na produção mundial de leite e o quinto em termos de quantidade. Os países em desenvolvimento possuem participações modestas no comércio

global de leite, apesar de alguns deles figurarem entre os maiores produtores mundiais. Exemplos disso são a Índia e o Brasil, que ocupam o segundo e terceiro lugares, respectivamente, no ranking de produção global. Já a China, além de ser um grande produtor, destaca-se como o principal importador mundial. (Leite, 2020). No último trimestre de 2020, o Brasil alcançou a marca de 6,7 bilhões de litros de leite (IBGE, 2021). Atualmente, ocupa o sexto lugar, representando 4,1 % da produção global de leite líquido, segundo um relatório do *United States Department of Agriculture* (USDA) publicado em janeiro (SEAPA, 2021).

As mudanças implementadas no Brasil na década de 1990 mostraram-se responsáveis por alguns dos bons resultados observados atualmente. No início de 1991, o fim da regulamentação do preço do leite no Brasil, aliado à abertura econômica promovida pelo governo brasileiro e pelo Mercosul, impactou profundamente a indústria de laticínios, obrigando os operadores do setor a buscarem alternativas para essa nova realidade (Siqueira et al., 2010).

Além disso, o investimento em tecnologia, produtividade e qualidade, com incentivos tanto do setor privado quanto do governo federal, foi fundamental. A implantação do Plano Real em 1994, que aumentou a renda da população e a introdução do leite *Ultra High Temperature* (UHT) na dieta dos brasileiros impulsionaram a economia do setor leiteiro. Como resultado, as importações de lácteos no Brasil desaceleraram e, a partir de 2000, o país ingressou no mercado internacional de leite como exportador (Siqueira et al., 2010).

A produção de leite no Brasil está distribuída por todo o território nacional e caracteriza-se por uma grande heterogeneidade em termos de tamanho das propriedades, tipos de produtores, sistemas pecuários e métodos de produção utilizados. Existem grandes produtores especializados que investem em tecnologia, alcançando economias de escala e produzindo leite de alta qualidade, recebendo uma melhor remuneração pelo produto. Esses produtores estão concentrados principalmente nas principais bacias leiteiras de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Paraná (Embrapa, 2007).

Por outro lado, há também os pequenos produtores, que constituem uma parte significativa da produção e dependem da renda gerada pela produção de leite, formando principalmente a agricultura familiar (Carvalho, Hott e Oliveira, 2006). Portanto, pode-se argumentar que a produção de leite no Brasil é claramente assimétrica (Embrapa, 2007).

3 METODOLOGIA

O objetivo da presente pesquisa foi investigar cientificamente um ou mais aspectos de um tópico específico, que é o mapeamento e classificação do nível de criticidade dos equipamentos de um laticínio de maneira sistemática, metódica e crítica. Ao relacionar, de acordo com a literatura científica os resultados da pesquisa científica devem contribuir para o avanço do conhecimento humano (Prodanov e Freitas, 2013). A pesquisa pode ser classificada conforme sua natureza, sendo dividida em básica ou aplicada. A pesquisa aplicada abrange estudos que buscam resolver problemas da sociedade em que os pesquisadores estão inseridos, enquanto a pesquisa básica visa preencher lacunas de conhecimento (Gil, 2010). Assim, a presente pesquisa é caracterizada como aplicada, uma vez que tem como objetivo a resolução de problemas imediatos, ou seja, a produção de conhecimento com aplicação prática para solucionar questões específicas, baseando-se em verdades e interesses locais (Gil, 2006).

A abordagem adotada nesta pesquisa é qualitativa, pois, segundo Lira (2019, p. 26): “sua finalidade é compreender os fenômenos e suas interpretações, sem utilizar ferramentas estatísticas para a análise do problema. O objetivo não é quantificar ou medir variáveis, mas sim compreender o fenômeno social de forma mais descritiva”. A pesquisa qualitativa é sempre descritiva, visto que a informação obtida não é necessariamente mensurada de forma quantitativa, mas interpretada. Essa abordagem não utiliza ferramentas estatísticas para a análise, ela busca descrever a complexidade de um problema específico, sem a manipulação de variáveis ou a realização de estudos experimentais. Distingue-se da abordagem quantitativa, que considera todos os componentes da situação, suas interações e efeitos mútuos, adotando uma perspectiva holística (Zambello et al., 2018).

Em termos de objetivos, a pesquisa caracteriza-se como descritiva, cuja finalidade é descrever um determinado fenômeno ou a população que o interpreta (Lira, 2019). O pesquisador registra e descreve os fatos apenas por meio da observação, ou seja, sem interferir neles. O objetivo é descrever as características de uma determinada população ou fenômeno e buscar relações entre as variáveis (Prodanov e Freitas, 2013).

Em relação aos procedimentos técnicos, a pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso é uma pesquisa empírica que examina um fenômeno atual em seu ambiente real, particularmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente delimitadas. Esse tipo de estudo permite a análise aprofundada de situações específicas, possibilitando a obtenção de respostas para determinados fenômenos (Zambello et al., 2018).

Para estruturar a pesquisa, além da situação atual, foram necessárias informações que possibilitassem um estudo profundo e confiável da história do problema. Tais elementos foram retirados da própria empresa, de entrevistas não estruturadas, documentos e informações armazenadas em diversos sistemas de informação, que, neste caso, são responsáveis por identificar desvios na linha de produção e iniciar manutenções nas máquinas.

Os dados para o estudo foram coletados durante o primeiro trimestre de 2024, por meio de observação em campo, com a empresa fornecendo documentos vinculados a fontes primárias. A observação, enquanto procedimento metodológico, caracteriza-se pela utilização dos sentidos para captar aspectos da realidade, processos e efeitos, sendo diretamente dependente da capacidade do pesquisador de ouvir, avaliar e registrar informações de forma fiel e sem interferências (Barbosa, 1998). Geralmente, essa técnica envolve a observação direta e o registro dos dados (Silva et al., 2016). Segundo Gil (2008), a principal vantagem desse método é que o observador percebe os fatos diretamente, o que reduz a subjetividade.

A técnica de coleta de dados aplicada teve início após a identificação do problema da empresa, seguida de um trabalho em campo, cujo objetivo foi o levantamento de todos os equipamentos do setor de fermentados. Após a conclusão desse levantamento, foram realizadas entrevistas não estruturadas, nas quais o entrevistado pode decidir qual será sua resposta, com mecânicos, eletricitas, operadores de máquinas, supervisores de manutenção, de qualidade, e segurança do trabalho, visando realizar análises de criticidade e identificar os aspectos dos equipamentos que necessitam de maior melhoria. É importante destacar que, para a elaboração das análises e a coleta dos dados, foram considerados históricos disponibilizados pela própria empresa (Laville e Dione, 1999).

Após a coleta dos dados, estes foram organizados e dispostos para análise. Com o auxílio da ferramenta Excel, foi criado o mapeamento dos equipamentos presentes na planta da empresa. A partir dos dados coletados foi apresentado o processo produtivo das bebidas do setor de fermentados (bebidas lácteas) da empresa-alvo, seguida pela apresentação do mapeamento dos maquinários levantados. Após o mapeamento dos equipamentos, a etapa seguinte foi o tagueamento para a padronização dos equipamentos. O tagueamento é o processo de identificação e rotulagem de equipamentos ou componentes, geralmente utilizando etiquetas ou códigos, com o objetivo de padronizar, facilitar o controle e a rastreabilidade dos itens em um sistema de manutenção ou operação (Oliveira e Bittencourt, 2021).

Posteriormente, foi elaborado um estudo e analisada a criticidade desses equipamentos com o auxílio da matriz de classificação ABC, com o objetivo de apontar as classificações de cada equipamento. Por fim, foi determinada a priorização e definição de técnicas que atendam

à manutenção das máquinas mais críticas, para então ser sugerida a implementação de um plano de manutenção preventiva, de acordo com a criticidade identificada na análise.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da empresa

O presente trabalho foi desenvolvido em uma indústria de laticínios de médio porte, que iniciou suas operações em 1994. Com três unidades produtoras, a empresa possui centros de distribuição espalhados por diversas localidades do país. Atualmente, conta com cargos administrativos, operacionais, de manutenção, além de estagiários e jovens aprendizes.

O portfólio da empresa é bastante diversificado, abrangendo diversos tipos de produtos. Entre eles, destacam-se as bebidas lácteas, que pertencem à categoria dos fermentados. Esses produtos apresentam uma ampla variação, com as seguintes classificações: iogurte infantil (130 g), iogurte recreio (100 g), iogurte bandeja (320 g, 540 g), iogurte adulto, tamanho família e leite fermentado (480 g), iogurte garrafa (170 g, 250 g, 480 g, 850 g, 900 g, 1.250 g), iogurte saco (850 g) e iogurte copo (100 g, 120 g, 140 g, 180 g, 200 g, 400 g).

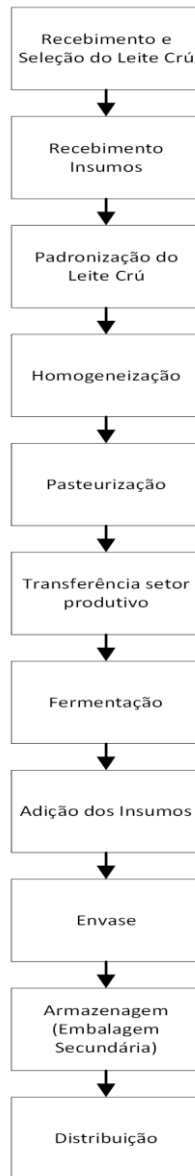
A empresa estudada é responsável por todas as etapas de produção, desde o recebimento dos insumos até o processo de distribuição, contando com uma série de maquinários apropriados para as diversas atividades do processo produtivo e para atender aos desejos dos clientes.

Como contextualização, na empresa, para a fabricação do produto, são seguidas, basicamente 11 etapas: inicialmente, ocorre o recebimento e a seleção do leite cru, na qual é realizada a verificação da composição e segurança do leite. Em seguida, ocorre o recebimento dos ingredientes naturais e insumos que irão compor os diferentes mix de receitas para as bebidas a serem produzidas. Após isso, realiza-se a padronização do leite cru, seguida pela homogeneização e pasteurização, processos que garantem a uniformidade, a consistência e a separação adequada da gordura do leite, mantendo a cremosidade e a textura do produto.

Logo após, ocorre o processo de fermentação, ou seja, a etapa em que se realiza a fermentação da bebida, um processo que pode durar de 4 a 8 horas, dependendo do tipo de produto desejado. Em seguida, realiza-se a preparação do produto, quando, após a fermentação e o resfriamento, são adicionados os ingredientes necessários para criar o produto final conforme a receita. Depois da preparação, o produto é transferido para o envase em embalagens apropriadas, seguido para a embalagem secundária, etapa em que o produto é embalado e

separado para que as bebidas sigam para os centros de distribuição. A sequência dos processos pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 – Processo simplificado da fabricação das bebidas fermentadas na empresa alvo de estudo



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

4.2 Realidade empresarial da manutenção

Com relação ao estudo, ele foi conduzido nos setores de manutenção e produção (operação). Em entrevistas com o gerente, foi identificado que a empresa precisava reduzir as paradas dos equipamentos devido às quebras e falhas de equipamentos ocorridas no processo de fabricação dos produtos. Para contextualizar, foram realizadas visitas e entrevistas com o gerente geral da planta, mantenedores e equipe de produção no período entre o janeiro de 2024

e fevereiro de 2024. As visitas proporcionaram uma compreensão do processo produtivo, enquanto as entrevistas contribuíram para conhecer os equipamentos da empresa e entender a execução das manutenções.

De acordo com as entrevistas realizadas, o departamento de manutenção é composto pelos mantenedores das equipes de civil e pintura, mecânicos, caldeireiros, supervisores de manutenção, gerente de manutenção, PCM (Planejamento e Controle de Manutenção) e gerente geral da planta. A empresa atualmente organiza as equipes atribuindo aos mantenedores responsabilidades por determinados setores do processo produtivo, e, para a tomada de decisão, contam com apoio dos supervisores de manutenção e do gerente de manutenção. Além disso, as manutenções em equipamentos elétricos, instalações elétricas, equipamentos refrigerados e instalações de refrigeração são realizadas com mão de obra terceirizada.

Com base nas entrevistas realizadas, apurou-se que a empresa não proporcionava treinamentos formais aos mantenedores, limitando-se ao período de experiência, que tinha duração de 15 a 30 dias, durante o qual os profissionais conheciam os setores e os equipamentos presentes na planta. Após esse período, era definido o setor pelo qual cada técnico seria responsável na condução das manutenções. O departamento de manutenção da empresa contava com um plano de manutenção preventiva desatualizado para alguns equipamentos, no qual eram realizadas apenas ações simples, como a substituição de peças e itens de sacrifício, além da limpeza. A partir das observações feitas, e considerando a terceirização da equipe de eletricitistas e dos serviços de refrigeração, constatou-se que as manutenções na empresa eram predominantemente corretivas e não planejadas, ou seja, de caráter emergencial, o que resultava na interrupção do processo produtivo da fábrica.

Como um dos pontos mencionados pelo gerente geral, os tempos gastos com manutenções corretivas não planejadas estavam gerando ociosidade nas linhas de produção das bebidas fermentadas. Uma das principais formas de controle observadas era o registro das horas de manutenção. Os técnicos de manutenção tinham suas horas registradas a partir das Ordens de Serviço (O.S.), nas quais eram especificadas as atividades realizadas, os locais e os recursos utilizados na execução das manutenções.

No caso de manutenções emergenciais na linha em produção, são elaboradas estratégias para realizar as correções durante paradas não planejadas (PNP). Nesse momento, supervisores de manutenção e produção são envolvidos para que estejam cientes de que os técnicos de manutenção atuarão. Essas manutenções são registradas na Ordem de Serviço de Parada não Planejada (PNP), permitindo o controle das intervenções realizadas e garantindo que sejam devidamente corrigidas. Caso as manutenções não sejam corrigidas e a linha de produção

retorne à operação, elas tornam manutenções planejadas e programadas. A Tabela 1 apresenta, uma forma resumida dos principais problemas identificados na empresa.

Tabela 1 - Problemas identificados na manutenção da empresa

| Problemas | Impactos |
|---|---|
| Prevalência de manutenções corretivas não planejadas. | A manutenção corretiva, quando não planejada, apresenta um custo mais elevado, pode causar interrupções na produção e exigir a contratação de empresas terceirizadas, além da realização de compras emergenciais de peças. |
| Ausência de registros de manutenção e padronização das ações de manutenção. | A falta de padronização e informatização das ações de manutenção afeta diretamente a rotina, impacta a qualidade dos serviços e impossibilita o acompanhamento de indicadores. |
| Planos de manutenção ineficientes. | Planos ineficientes dificultam a identificação de falhas, causam perda de produção, prolongam períodos de inatividade e resultam em custos indiretos de manutenção mais elevados. |
| Ausência de tagueamento dos equipamentos. | A falta de tagueamento dificulta a localização dos equipamentos por técnicos não familiarizados. |
| Interrupção das operações. | Manutenções não planejadas podem causar paradas inesperada, afetando a produtividade e a eficiência operacional, resultando em perdas de receitas. |
| Desgaste de equipamentos. | Manutenções preventivas mal executadas ou sem a frequência adequada podem acelerar o desgaste dos equipamentos, aumentando a probabilidade de falhas. |
| Avaliações de desempenho e falta de planejamento. | Manutenções emergenciais dificultam a análise de desempenho, pois não estão alinhadas com as métricas e os objetivos de longo prazo. Isso pode evidenciar deficiências no planejamento de manutenções preventivas, gerando um ciclo vicioso de problemas. |

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

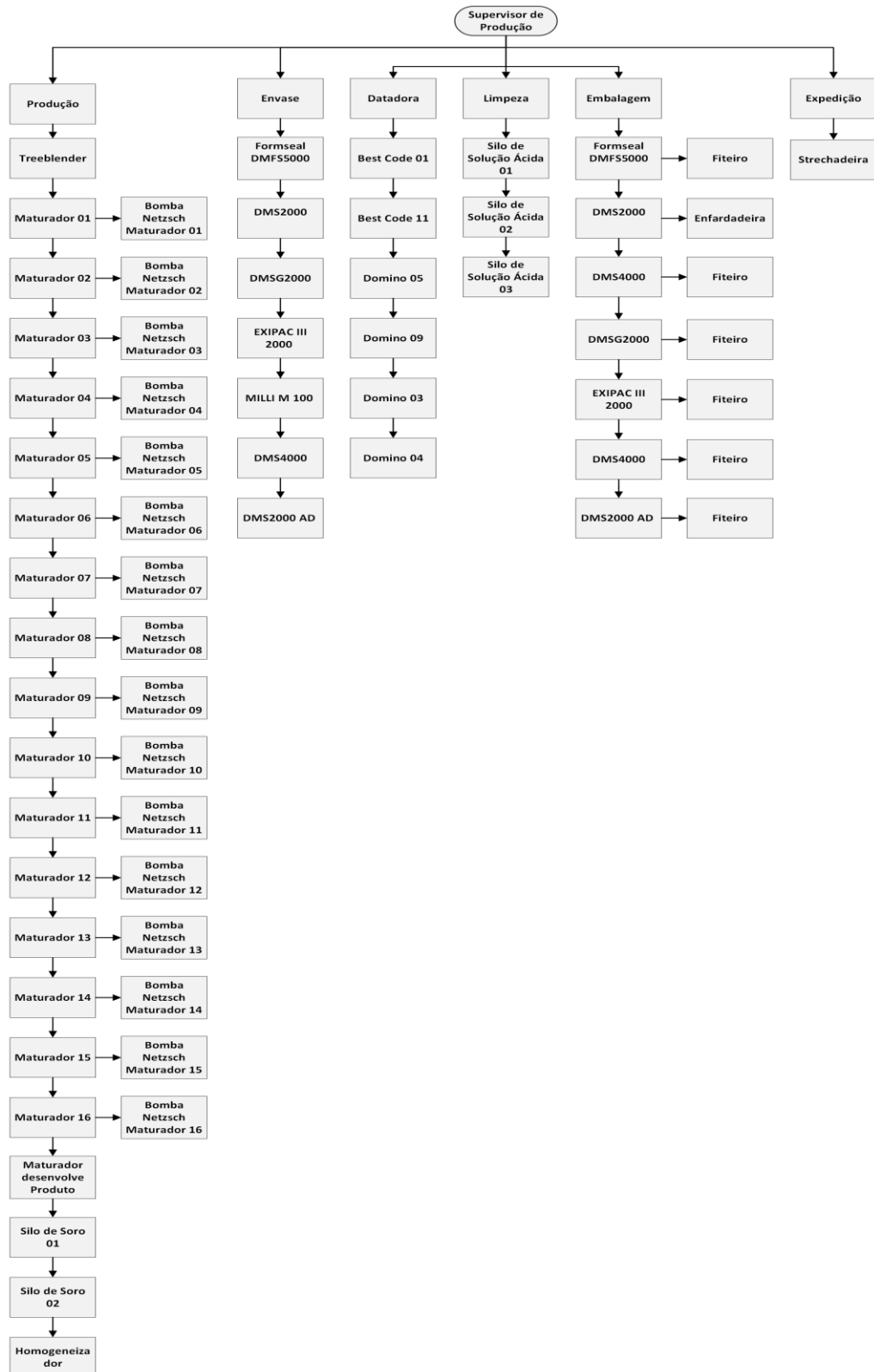
Diante da problemática empresarial relatada, observou-se que esses desafios afetam diretamente a sobrevivência da empresa. O que acaba gerando a necessidade de desenvolver ações corretivas.

Nesse contexto, foi realizado um estudo com o objetivo de auxiliar na priorização e melhoria da gestão dos equipamentos, levando em consideração sua criticidade e impacto nos processos operacionais. Desse modo, ao longo do presente trabalho, são apresentadas ferramentas para apoiar a empresa, conforme sugerido na literatura analisada.

4.3 Mapeamento dos equipamentos e tagueamento

Considerando que a empresa possui uma planta produtiva bastante ampla no setor de fermentados, foi essencial realizar o processo de mapeamento e tagueamento de todos os equipamentos envolvidos. Verifica-se o tagueamento como uma etapa para o controle e rastreamento adequado dos maquinários, permitindo que cada ativo seja identificado. Essa identificação facilita a coleta de dados e a execução de manutenções preventivas. Após o tagueamento, foi possível aplicar a classificação ABC para identificar os equipamentos mais críticos, levando em consideração critérios como impacto na produção, segurança e frequência de falhas.

Figura 5 – Planta produtiva da empresa



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A estrutura hierárquica dos níveis, conforme ilustrado na Figura 5, reflete a organização da planta produtiva com base nos processos e equipamentos que requerem maior atenção. O primeiro nível é composto pelo supervisor de produção. O segundo nível é constituído pelos

processos de produção, envase, datadora, limpeza, embalagem e expedição. Por fim, o terceiro nível é composto pelos equipamentos do setor de produção das bebidas lácteas, conforme ilustrado na Figura 5, que proporciona uma visão detalhada dos equipamentos da empresa. Essa organização visa otimizar a gestão da manutenção, proporcionando uma visão clara das prioridades em termos de intervenções preventivas.

Assim, para que o tagging dos equipamentos fosse realizado, foi necessário listar todos os equipamentos envolvidos no processo produtivo da empresa, bem como a função que cada um desempenhava. Essa etapa auxiliou na definição de estratégias de manutenção. A Tabela 2, a seguir, apresenta os equipamentos, seus respectivos fabricantes e a função principal no processo.

Tabela 2 – Listagem dos equipamentos do laticínio

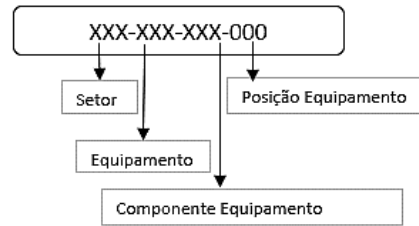
| Equipamento | Fornecedor | Função |
|--|------------------|---|
| Treblender | Não identificado | Misturador de ingredientes líquidos ou líquidos com sólidos antes do processo de fermentação, garantindo uma mistura estável e consistente e uma homogeneização eficiente dos componentes. |
| Bomba Centrífuga do Treblender | Não identificado | Bombas centrífugas de limpeza CIP são utilizadas para circulação de soluções de limpeza através dos tanques, tubulações e equipamentos, sem a necessidade de desmontá-los, garantindo a higienização eficaz do sistema produtivo, removendo resíduos, prevenindo contaminações e mantendo o padrão de qualidade e segurança dos produtos. |
| Maturadores (01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) | Basinox | Realiza o processo de fermentação/maturação em ambientes controlados garantem a consistência e a qualidade do produto final. |
| Bombas de transferência dos Maturadores (01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) | Netzsch | Possui a função de mover líquidos viscosos e outros fluidos durante o processo de produção. Elas garantem um transporte leve e eficiente, preservando a integridade dos líquidos e evitam a contaminação ou aeração, essas bombas são essenciais para manter a qualidade do produto final durante as etapas de fermentação e processamento. |
| Maturador de teste | Basinox | Realiza o processo de fermentação/maturação em ambientes controlados garantem a consistência e a qualidade do produto final (nesse equipamento realiza-se testes de desenvolvimento de novos produtos) |
| Silo de Soro (01 e 02) | Basinox | Armazena o soro resultante do processo de fermentação ou de produção, esses equipamentos são utilizados para guardar o soro de forma segura, permitindo seu uso posterior em outros processos, como a produção de derivados ou descarte adequado |
| Homogeneizador | K2J | Reduz o tamanho das partículas de gordura no leite ou no soro criando uma mistura uniforme, melhorando a estabilidade do produto, evitando a separação de fases e também contribui para uma textura e consistência mais homogênea. |
| Termoformadora Formseal DMFS 5000 | DMOM | Máquina automática tipo Form-Fill-Seal (Forma-Envasa-Sela) para multiporções. Realiza o envase de líquidos e pastosos e possibilita a combinação de sabores, além de termoformar embalagens em filmes plásticos mono ou multicamadas. |
| DMS2000 | DMOM | Máquina envasadora automática para copos e/ou potes com sistemas de fechamentos integrados em monobloco. Linhas compactas que possibilitam flexibilidade de formatos e volumes com sistema de envase volumétrico e gravimétrico. |

| | | |
|-------------------------------------|------------------|---|
| DMSG2000 | DMOM | Máquina envasadora automática para copos e/ou potes com sistemas de fechamentos integrados em monobloco. Linhas compactas que possibilitam flexibilidade de formatos e volumes com sistema de envase volumétrico e gravimétrico. |
| EXIPAC III 2000 | EXIMAQ | Envasadora e seladora de produtos lácteos essa máquina enche as embalagens com o produto e, em seguida, selá-las de forma hermética, garantindo a preservação da qualidade, segurança e frescor dos alimentos, além de facilitar o transporte e armazenamento |
| MILLI M 100 | MILLI | Envasadora semiautomática que envasa uma ampla gama de volumes e produtos líquidos ou semi-pastosos. |
| DMS4000 | DMOM | Máquina envasadora automática para copos e/ou potes com sistemas de fechamentos integrados em monobloco. Linhas compactas que possibilitam flexibilidade de formatos e volumes com sistema de envase volumétrico e gravimétrico. |
| DMSG2000 AD | DMOM | Máquina envasadora automática para copos e/ou potes com sistemas de fechamentos integrados em monobloco. Linhas compactas que possibilitam flexibilidade de formatos e volumes com sistema de envase volumétrico e gravimétrico. |
| Datadora Bestcode | BESTCODE | Imprime informações de data de validade, lote e outros dados relevantes diretamente nas embalagens dos produtos lácteos. Esse equipamento garante que os produtos sejam corretamente identificados e rastreáveis, contribuindo para a conformidade regulatória e a segurança alimentar. |
| Datadora Domino | DOMINO | Imprime códigos de data, lotes e informações de rastreabilidade diretamente nas embalagens dos produtos, garantindo que as informações essenciais sejam visíveis, ajudando na conformidade com regulamentações e na gestão da segurança alimentar. |
| Silo de Solução Ácida (01, 02 e 03) | Não identificado | Usados para armazenar e dosar produtos químicos de limpeza e desinfecção, garantindo a higienização eficaz dos equipamentos sem a necessidade de desmontagem, mantendo a segurança e a qualidade dos produtos lácteos. |
| Empacotadora | TAIMAK | Embaladora de produtos ela automatiza o processo de embalagem, garantindo eficiência, precisão e proteção do produto. |
| Estrechadora de Paleta APK 2000B | ALPACK | Envolve e protege paletes de produtos com filme plástico, garantindo a estabilidade e a segurança das cargas durante o transporte e armazenamento, evitando danos e contaminações, além de facilitar a manipulação logística. |
| Bomba Vallair | VALLAIR | Transfere líquidos como leite e produtos lácteos, de um ponto a outro dentro da linha de produção, garante o transporte eficiente e seguro dos produtos, mantendo a integridade e a qualidade do líquido durante o processo |
| Esteira Transportadora | DMOM | Movimentação dos produtos facilitando o transporte eficiente e contínuo dos produtos entre diferentes etapas do processo, melhorando a produtividade e a organização da operação. |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

A etapa seguinte, após a listagem e descrição dos equipamentos, consistiu no processo de tagueamento. Essa fase envolveu a identificação individualizada de cada equipamento por meio de etiquetas ou códigos exclusivos, conhecidos como tags. Conforme é possível observar na Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Proposta de tagueamento dos equipamentos



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O tagueamento teve como objetivo facilitar a rastreabilidade e o controle dos equipamentos ao longo de seu ciclo de vida, permitindo uma associação precisa entre os ativos e os dados relacionados, como histórico de manutenção, localização e criticidade. Dessa forma, cada equipamento pode ser monitorado de forma eficiente, garantindo maior organização e clareza nas etapas subsequentes de análise de criticidade e planejamento de manutenção, logo:

Tabela 3 – Equipamentos tagueados

| CÓDIGO DO EQUIPAMENTO – TAG | DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO |
|-----------------------------|----------------------------|
| FER-TRE-001 | TREEBLENDER |
| FER-BOM-TRE-001 | BOMBA NETZSCH TREEBLENDER |
| FER-MAT-001 | MATURADOR 01 |
| FER-BOM-MAT-001 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 01 |
| FER-MAT-002 | MATURADOR 02 |
| FER-BOM-MAT-002 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 02 |
| FER-MAT-003 | MATURADOR 03 |
| FER-BOM-MAT-003 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 03 |
| FER-MAT-004 | MATURADOR 04 |
| FER-BOM-MAT-004 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 04 |
| FER-MAT-005 | MATURADOR 05 |
| FER-BOM-MAT-005 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 05 |
| FER-MAT-006 | MATURADOR 06 |
| FER-BOM-MAT-006 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 06 |
| FER-MAT-007 | MATURADOR 07 |
| FER-BOM-MAT-007 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 07 |
| FER-MAT-008 | MATURADOR 08 |
| FER-BOM-MAT-008 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 08 |
| FER-MAT-009 | MATURADOR 09 |
| FER-BOM-MAT-009 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 09 |
| FER-MAT-0010 | MATURADOR 10 |
| FER-BOM-MAT-0010 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 10 |
| FER-MAT-0011 | MATURADOR 11 |
| FER-BOM-MAT-0011 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 11 |
| FER-MAT-0012 | MATURADOR 12 |

| | |
|------------------|---|
| FER-BOM-MAT-0012 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 12 |
| FER-MAT-0013 | MATURADOR 13 |
| FER-BOM-MAT-0013 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 13 |
| FER-MAT-0014 | MATURADOR 14 |
| FER-BOM-MAT-0014 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 14 |
| FER-MAT-0015 | MATURADOR 15 |
| FER-BOM-MAT-0015 | BOMBA NETZSC MATURADOR 15 |
| FER-MAT-0016 | MATURADOR 16 |
| FER-BOM-MAT-0016 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 16 |
| FER-MAT-DES-001 | FERMENTEIRA DESENVOLVIMENTO PRODUTO |
| FER-HOM-001 | HOMOGENEIZADOR K2J |
| FER-SOR-001 | SILO DE SORO 01 |
| FER-SOR-002 | SILO DE SORO 02 |
| FER-ENV-BAN-001 | ENVASADORA (TERMOFORMADOR) FORMSEAL DMFS-5000 |
| FER-DAT-BAN-001 | DATADORA BEST CODE - TAG 01 (DMFS-5000) |
| FER-ENV-GAR-002 | ENVASADORA DMS-2000 |
| FER-DAT-GAR-002 | DATADORA BEST CODE - TAG 11 (DMS-2000) |
| FER-EST-GAR-002 | ESTEIRA TRANSPORTADORA (DMS-2000) |
| FER-ENV-GAR-003 | ENVASADORA DMSG-2000 |
| FER-DAT-GAR-003 | DATADORA DOMINO A200 - TAG 05 (DMGLR-2000) |
| FER-EST-GAR-003 | ESTEIRA TRANSPORTADOR C (DMGLR-2000) |
| FER-ENV-SAC-004 | ENVASADORA EXIPAC III 2000 |
| FER-ENV-REC-005 | ENVASADORA MILLI M 100 |
| FER-BOM-REC-005 | BOMBA VALLAIR (MILLI M 100) |
| FER-DAT-REC-005 | DATADORA DOMINO A120 - TAG 09 (MILLI M 100) |
| FER-ENV-COP-006 | ENVASADORA DMS-4000 - 100/140/180/DUO |
| FER-DAT-COP-006 | DATADORA DOMINO A120 - TAG 03 (DMS-4000) |
| FER-EST-COP-006 | ESTEIRA TRANSPORTADORA B (DMS-4000) |
| FER-ENV-COP-007 | ENVASADORA DMS-4000 - 300/400/500G |
| FER-DAT-COP-007 | DATADORA DOMINO A100 - TAG 04 |
| FER-EST-COP-007 | ESTEIRA TRANSPORTADORA A (DMS-4000) |
| FER-ENV-CAP-009 | ENVASADORA SOBRECOPOS DMS 2000 AD |
| FER-TAN-ACI-0010 | TANQUE SOLUÇÃO ÁCIDA 01 |
| FER-BOM-ACI-0010 | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 01 |
| FER-TAN-ALC-0011 | TANQUE SOLUÇÃO ALCALINA 02 |
| FER-BOM-ALC-0011 | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 02 |
| FER-TAN-ACI-0012 | TANQUE SOLUÇÃO ÁCIDA 03 |
| FER-BOM-ALC-0012 | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 03 |

Fonte: Elabora pela autora (2024).

Assim, observou-se que o tagueamento dos equipamentos é essencial para a eficiência da manutenção em uma empresa, pois permite uma identificação única e precisa de cada ativo, facilitando o monitoramento e o controle de seu ciclo de vida. Conforme apontado por Silva et al. (2021), a utilização de códigos específicos para os equipamentos garante que dados

importantes, como histórico de falhas e intervenções de manutenção, sejam facilmente acessíveis e confiáveis. Isso resulta em maior organização e rastreabilidade dos ativos, permitindo que as atividades de manutenção sejam planejadas de maneira mais eficaz, o que reduz o tempo de inatividade e os custos com manutenções corretivas, além de favorecer a adoção de práticas preventivas e preditivas.

Nesse âmbito, Kelly (2021) destaca a importância da padronização da nomenclatura como um fator crucial para assegurar a continuidade das operações e reduzir a probabilidade de falhas decorrentes de erros humanos. O autor também salienta que estabelecer uma convenção de nomeação bem definida é uma etapa fundamental para a implementação de um sistema eficiente de gerenciamento de ativos.

4.4 Análise da criticidade dos equipamentos

Para a análise de criticidade dos equipamentos, foi desenvolvido um formulário específico que permitiu uma avaliação baseada em critérios pré-estabelecidos, mostrados na Figura 7.

Figura 7- Questionário desenvolvido

| LEGENDA: | | PERGUNTAS | |
|----------|-----------------------------|-----------|---|
| AS (S) | SEGURANÇA E MEIO-AMBIENTE | P1 | QUAL O IMPACTO DO EQUIPAMENTO SOBRE O MEIO AMBIENTE OU NA SEGURANÇA DO OPERADOR? |
| QP (Q) | QUALIDADE E PRODUTIVIDADE | P2 | QUAL O IMPACTO DO EQUIPAMENTO NA QUALIDADE DO PRODUTO FINAL OU NA QUALIDADE DO SERVIÇO (REDUZ PRODUTIVIDADE EQUIPAMENTO)? |
| OP (O) | OPORTUNIDADE | P3 | QUAL O IMPACTO DO EQUIPAMENTO NA PRODUÇÃO DA FÁBRICA (CESSA O PROCESSO PRODUTIVO)? |
| TO (E) | TAXA DE OCUPAÇÃO | P4 | EM QUANTOS TURNOS OPERA A MÁQUINA? |
| MTBF (P) | FREQUÊNCIA DE QUEBRA (MTBF) | P5 | QUAL A MÉDIA TRIMESTRAL DE PARADAS DA MÁQUINA? |
| MTTR (M) | MANTENABILIDADE (MTTR) | P6 | QUAL A MÉDIA TRIMESTRAL DE REPAROS NA MÁQUINA? |

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Nesse cenário, seguindo a metodologia de classificação ABC, foi possível estruturar um conjunto de perguntas de análise que visavam contemplar aspectos para a segurança operacional, a qualidade dos processos produtivos e a eficiência dos maquinários. Após a coleta de dados e a aplicação das perguntas listadas, foi possível estruturar um panorama geral dos equipamentos, identificando aqueles que apresentam maior criticidade.

A partir das respostas obtidas para as perguntas do formulário de análise de criticidade, as seguintes classificações foram utilizadas para analisar o impacto e a frequência de falhas dos equipamentos mapeados, (Figura 8). Para o parâmetro P1, que avalia o impacto do equipamento sobre o meio ambiente ou na segurança do operador, foram propostas as avaliações de alto, médio ou baixo impacto. No parâmetro P2, o impacto do equipamento na qualidade do produto final foi avaliado em alto, médio ou baixo. O parâmetro P3, relacionado ao impacto do

funcionamento do equipamento na produção da fábrica, foi classificado em alto, médio ou baixo.

Para o parâmetro P4, foram classificados 3, 2 ou 1 turnos de operação dos equipamentos para caracterizar sua taxa de ocupação. O parâmetro P5 mostra a frequência de quebra do equipamento analisado, por meio do cálculo do índice de confiabilidade MTBF, classificando como menor do que 15h, entre 15 e 30h e maior do que 30 h. O parâmetro P6 classifica a manutenibilidade do equipamento, pelo cálculo do índice MTTR, classificado como maior do que 2h, entre 1 e 2h, e menor do que 1h.

Figura 8 – Classificações utilizadas na análise

| RESPOSTAS | P1 (S) | P2 (Q) | P3 (O) | P4 (E) | P5 (P) | P6 (M) |
|-----------|--------|--------|--------|----------|----------------|--------------|
| X | ALTO | ALTO | ALTO | 3 TURNOS | < 15H | > 2H |
| Y | MÉDIO | MÉDIO | MÉDIO | 2 TURNOS | ENTRE 15 A 30H | ENTRE 1 A 2H |
| Z | BAIXO | BAIXO | BAIXO | 1 TURNO | > 30H | < 1H |

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Salienta-se que esses dados permitiram uma avaliação detalhada do nível de criticidade de cada equipamento. Nesse cenário, forneceram uma base para o planejamento de manutenções preventivas.

4.4.1 Cálculo do índice MTBF

Realizou-se o cálculo do índice MTBF, pela Equação (1) apresentada anteriormente no tópico de fundamentação teórica, para cada um dos equipamentos do setor de fermentação analisado. A Tabela 4 mostra a planilha em Excel utilizada para a execução dos cálculos com alguns dos equipamentos. A tabela com a totalidade dos dados está apresentada nos Apêndices.

Para a maioria dos equipamentos foi possível identificar o início e término dos turnos de funcionamento, visto que operam em regime contínuo e em horários definidos. No entanto, no caso dos maturadores e das bombas, não foi possível mensurar com precisão o início e término dos turnos de funcionamento. Isso ocorre porque esses equipamentos operam de acordo com a chegada dos insumos à fábrica, ou seja, não seguem uma rotina fixa, sendo ativados conforme a disponibilidade dos materiais para a produção.

Tabela 4 – Cálculo do índice MTBF

| O.S. | DATA | LOCAL | HOUE PARA DA? | TEMPO DE PARADA | TEMPO DE PARADA | HORA TOTAL DE PARA | Início Turno | Fim Turno | Turno Diário | Horas funcionamento antes | Horas funcionamento após | Horas bom Funcionamento | Somatório Horas Bom Funciona | MTBF TOTAL | Equipamento | Criticidade | |
|-------|------------|---------------------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------|-----------|--------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|------------|------------------------|-------------|---|
| 53832 | 05/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | SIM | 12:58 | 13:05 | 00:07 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 8:58 | 4:55 | 13:53 | 14:14 | 15:33 | Enfardadeira | Y | |
| 53844 | 06/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | SIM | 07:45 | 07:57 | 00:12 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 3:45 | 10:03 | 13:48 | | | | | |
| 53941 | 24/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | SIM | 05:48 | 06:29 | 00:41 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 1:48 | 11:31 | 13:19 | | | | | |
| 54108 | 17/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | SIM | 12:30 | 13:16 | 00:46 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 8:30 | 4:44 | 13:14 | | | | | |
| 54082 | 12/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | NÃO | - | - | - | 4:00 | 20:00 | 16:00 | - | - | 16:00 | - | - | FECHADORA DE CAIXAS | Z | |
| 53892 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - BEBIDA SACO | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Z |
| 54007 | 03/02/2024 | FERMENTADOS - BEBIDA SACO | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Z |
| 54042 | 06/03/2024 | FERMENTADOS - CAPACETE | SIM | 05:45 | 06:52 | 01:07 | 4:00 | 10:00 | 6:00 | 1:45 | 3:08 | 4:53 | 33:50:00 | 16:55:00 | Envasador a SobreCopos | Y | |
| 54241 | 13/03/2024 | FERMENTADOS - CAPACETE | SIM | 05:00 | 06:03 | 01:03 | 4:00 | 10:00 | 6:00 | 1:00 | 3:57 | 4:57 | | | | | |
| 53883 | 11/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 16:15 | 16:22 | 00:07 | 15:00 | 17:00 | 2:00 | 1:15 | 0:38 | 1:53 | 94:30:00 | 13:30:00 | Envasador a Copo 400g | X | |
| 53896 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 15:12 | 15:25 | 00:13 | 15:00 | 17:00 | 2:00 | 0:12 | 1:35 | 1:47 | | | | | |
| 53978 | 30/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 18:20 | 19:05 | 00:45 | 18:00 | 20:00 | 2:00 | 0:20 | 0:55 | 1:15 | | | | | |
| 54072 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 17:10 | 17:30 | 0:20 | 16:00 | 18:00 | 2:00 | 1:10 | 0:30 | 1:40 | | | | | |
| 54106 | 16/02/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 14:30 | 15:00 | 00:30 | 14:00 | 16:00 | 2:00 | 0:30 | 1:00 | 1:30 | | | | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Nas paradas de produção, o que foi considerado para o cálculo de funcionamento desses equipamentos foi a capacidade de vazão das máquinas responsáveis pelo envase dos produtos, bem como a capacidade de vazão dos maturadores, levando em conta o peso dos produtos envasados. Quanto à questão de haver cálculos disponíveis apenas para alguns maturadores e não para outros, isso se deve ao fato de que apenas os maturadores que tiveram registros de manutenção foram incluídos nas análises. Observou-se com os resultados que os equipamentos listados, apresentaram múltiplas paradas em diferentes momentos, com tempos de inatividade que variam.

Assim, a partir dos valores de MTBF obtidos e seguindo a classificação definida para as respostas relacionada ao parâmetro P5, tem-se a seguinte classificação para os equipamentos, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Equipamento e classificação no parâmetro P5

| DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO | P5 (M) | DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO | P5 (M) |
|----------------------------|--------|---|--------|
| TREEBLENDER | X | MATURADOR 16 | Z |
| BOMBA NETZSCH TREEBLENDER | Z | BOMBA NETZSCH MATURADOR 16 | Z |
| MATURADOR 01 | Z | FERMENTEIRA DESENVOLVIMENTO PRODUTO | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 01 | Z | HOMOGENEIZADOR K2J | Z |
| MATURADOR 02 | Z | SILO DE SORO 01 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 02 | Z | SILO DE SORO 02 | Z |
| MATURADOR 03 | Z | ENVASADORA (TERMOFORMADOR) FORMSEAL DMFS-5000 | X |

| | | | |
|----------------------------|---|---|---|
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 03 | Z | DATADORA BEST CODE - TAG 01 (DMFS-5000) | X |
| MATURADOR 04 | X | ENVASADORA DMS-2000 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 04 | Z | DATADORA BEST CODE - TAG 11 (DMS-2000) | Z |
| MATURADOR 05 | Z | ESTEIRA TRANSPORTADORA (DMS-2000) | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 05 | Z | ENVASADORA DMSG-2000 | Y |
| MATURADOR 06 | Z | DATADORA DOMINO A200 - TAG 05 (DMGLR-2000) | X |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 06 | Z | ESTEIRA TRANSPORTADOR C (DMGLR-2000) | Z |
| MATURADOR 07 | Z | ENVASADORA EXIPAC III 2000 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 07 | X | ENVASADORA MILLI M 100 | Z |
| MATURADOR 08 | X | BOMBA VALLAIR (MILLI M 100) | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 08 | X | DATADORA DOMINO A120 - TAG 09 (MILLI M 100) | Z |
| MATURADOR 09 | Z | ENVASADORA DMS-4000 - 100/140/180/DUO | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 09 | Z | DATADORA DOMINO A120 - TAG 03 (DMS-4000) | Z |
| MATURADOR 10 | Z | ESTEIRA TRANSPORTADORA B (DMS-4000) | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 10 | Z | ENVASADORA DMS-4000 - 300/400/500G | X |
| MATURADOR 11 | Z | DATADORA DOMINO A100 - TAG 04 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 11 | Z | ESTEIRA TRANSPORTADORA A (DMS-4000) | X |
| MATURADOR 12 | Z | ENVASADORA SOBRECOPOS DMS 2000 AD | Y |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 12 | Z | TANQUE SOLUÇÃO ÁCIDA 01 | Z |
| MATURADOR 13 | X | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 01 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 13 | Z | TANQUE SOLUÇÃO ALCALINA 02 | Z |
| MATURADOR 14 | Z | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 02 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 14 | Z | TANQUE SOLUÇÃO ÁCIDA 03 | Z |
| MATURADOR 15 | Z | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 03 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 15 | Z | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

4.4.2 Cálculo do índice MTTR

Posteriormente, foi realizado o cálculo do MTTR utilizando as informações extraídas. Desse modo, conforme a Tabela 6, os dados foram compilados e analisados, possibilitando identificar quais maquinários apresentavam maior demanda. A tabela com os dados completos para todos os equipamentos estudados está apresentada no Apêndice.

Tabela 6 – Cálculo do índice MTTR

| O.S. | DATA | LOCAL | EQUIPAMENTO | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA | INÍCIO DE REPARO | FIM DE REPARO | HORA TOTAL DE REPARO | Somatório Total de Reparos | MTTR TOTAL | Equipamento | Criticidade |
|-------|------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------|---------------|----------------------|----------------------------|------------|--------------------------|-------------|
| 53832 | 05/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA | EMBALAGEM AB | 12:58 | 13:05 | 00:07 | 01:57:00 | 00:23:24 | Enfardadeira | Z |
| 53844 | 06/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA | EMBALAGENS A | 07:46 | 07:57 | 00:11 | | | | |
| 53941 | 24/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA | FACA DA ENFAR | 06:19 | 06:28 | 00:09 | | | | |
| 54066 | 09/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA | MOTO REDUTOR | 12:30 | 13:20 | 00:50 | | | | |
| 54108 | 17/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA - GAF | SUORTE DE AP | 12:35 | 13:15 | 00:40 | 00:45 | 00:45 | Fechadora Caixas | Z |
| 54082 | 12/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | FECHADORA DE CAIXA | FAZER A LIGAÇÃ | 22:20 | 23:05 | 00:45 | | | | |
| 53892 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - BEBID | ENVASADORA BEBIDA | ANEL DE VEDAÇ | 09:30 | 10:30 | 01:00 | 01:05:00 | 00:32:30 | Envasadora Bebida Saco | Z |
| 54007 | 03/02/2024 | FERMENTADOS - BEBID | MÁQUINA DE ENVASE | LÂMPADA GERM | 13:30 | 13:35 | 00:05 | | | | |
| 54042 | 06/03/2024 | FERMENTADOS - CAPA | SELADORA | BAIXA NA TEMP | 05:55 | 06:44 | 00:49 | 01:40:00 | 00:50:00 | Envasadora SobreCopos | Z |
| 54241 | 13/03/2024 | FERMENTADOS - CAPA | SELADORA | EQUIPAMENTO | 05:05 | 05:56 | 00:51 | | | | |
| 54106 | 16/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | SELADORA POTE 300g | RESISTENCIA QU | 14:30 | 15:00 | 00:30 | 03:35:00 | 00:21:30 | Envasadora Copo 400g | Z |
| 53801 | 02/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | ENVASADORA DE COPO | TERMOPAR PICC | 15:20 | 15:35 | 00:15 | | | | |
| 54134 | 22/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | RESISTÊNCIA | RESISTENCIA NÃ | 07:20 | 07:54 | 00:34 | | | | |
| 54072 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | SELADORA | RESISTÊNCIA QU | 17:10 | 17:20 | 00:10 | | | | |
| 54416 | 25/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | ENVASADORA DE COPO | SELAGEM DESAL | 08:00 | 08:35 | 00:35 | | | | |
| 53965 | 26/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | ESTEIRA | SOBRECARGA M | 14:44 | 15:00 | 00:16 | | | | |
| 53883 | 11/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | SELAGEM POTE | DESALINHAMEN | 16:17 | 16:22 | 00:05 | | | | |
| 53896 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | ALIMENTA SELO | SELO DESALINHA | 15:15 | 15:25 | 00:10 | | | | |
| 54264 | 16/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | PICOTE | PICOTE NÃO MA | 18:00 | 18:20 | 00:20 | | | | |
| 53978 | 30/01/2024 | FERMENTADOS | ESTEIRA COPOS | ESTEIRA QUE LE | 18:25 | 19:05 | 00:40 | | | | |
| 53924 | 14/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | DATADORA | SENSOR DATAD | 16:00 | 16:20 | 00:20 | 00:20 | 00:20 | Datadora Envasadora Copo | Z |
| 53891 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | DMS 4000 | PICOTE DA SELA | 05:05 | 05:12 | 00:07 | | | | |
| 54157 | 23/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | PICOTE | PICOTE NÃO EST | 12:45 | 12:55 | 00:10 | | | | |
| 54158 | 23/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | RESISTÊNCIA | RESISTENCIA QU | 18:30 | 19:00 | 00:30 | | | | |
| 54175 | 28/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA ENVASAD | TERMOPAR QUE | 10:10 | 10:30 | 00:20 | | | | |
| 54192 | 03/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA COPO 1800 | VAZAMENTO NA | 07:30 | 09:40 | 02:10 | | | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Dessa forma, tem-se que a partir dos valores de MTTR calculados e seguindo a classificação definida para as respostas relacionada ao parâmetro P6, a seguinte classificação para os equipamentos é obtida, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Equipamentos e classificação para o parâmetro P6

| DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO | P6 (MT) | DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO | P6 (MT) |
|----------------------------|---------|--|---------|
| TREEBLENDER | Z | MATURADOR 16 | Z |
| BOMBA NETZSCH TREEBLENDER | Z | BOMBA NETZSCH MATURADOR 16 | Z |
| MATURADOR 01 | Z | FERMENTEIRA DESENVOLVIMENTO PRODUTO | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 01 | Z | HOMOGENEIZADOR K2J | Z |
| MATURADOR 02 | Z | SILO DE SORO 01 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 02 | Z | SILO DE SORO 02 | Z |
| MATURADOR 03 | Z | ENVASADORA (TERMFORMADOR) FORMSEAL DMFS-5000 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 03 | Z | DATADORA BEST CODE - TAG 01 (DMFS-5000) | Z |
| MATURADOR 04 | Z | ENVASADORA DMS-2000 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 04 | Z | DATADORA BEST CODE - TAG 11 (DMS-2000) | Z |
| MATURADOR 05 | Z | ESTEIRA TRANSPORTADORA (DMS-2000) | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 05 | Z | ENVASADORA DMSG-2000 | Y |
| MATURADOR 06 | Z | DATADORA DOMINO A200 - TAG 05 (DMGLR-2000) | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 06 | Z | ESTEIRA TRANSPORTADOR C (DMGLR-2000) | Z |
| MATURADOR 07 | Z | ENVASADORA EXIPAC III 2000 | Z |

| | | | |
|----------------------------|---|---|---|
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 07 | Z | ENVASADORA MILLI M 100 | Z |
| MATURADOR 08 | Z | BOMBA VALLAIR (MILLI M 100) | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 08 | Z | DATADORA DOMINO A120 - TAG 09 (MILLI M 100) | Z |
| MATURADOR 09 | Z | ENVASADORA DMS-4000 - 100/140/180/DUO | Z |
| BOMBA NETZSC MATURADOR 09 | Z | DATADORA DOMINO A120 - TAG 03 (DMS-4000) | Z |
| MATURADOR 10 | Z | ESTEIRA TRANSPORTADORA B (DMS-4000) | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 10 | Z | ENVASADORA DMS-4000 - 300/400/500G | Z |
| MATURADOR 11 | Z | DATADORA DOMINO A100 - TAG 04 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 11 | Y | ESTEIRA TRANSPORTADORA A (DMS-4000) | Z |
| MATURADOR 12 | Z | ENVASADORA SOBRECOPOS DMS 2000 AD | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 12 | Z | TANQUE SOLUÇÃO ÁCIDA 01 | Z |
| MATURADOR 13 | Z | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 01 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 13 | Z | TANQUE SOLUÇÃO ALCALINA 02 | Z |
| MATURADOR 14 | Z | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 02 | Z |
| BOMBA NETZSCH MATURADOR 14 | Z | TANQUE SOLUÇÃO ÁCIDA 03 | Z |
| MATURADOR 15 | Z | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 03 | Z |
| BOMBA NETZSC MATURADOR 15 | Z | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

É possível observar que o equipamento envasadora apresentou um MTTR elevado. Esse dado é especialmente preocupante, uma vez que a envasadora é um equipamento importante no processo produtivo e qualquer falha impacta diretamente a produção de embalagens e, por consequência, o fluxo de distribuição. Falhas prolongadas, como as observadas, podem ter um impacto substancial nos custos operacionais da empresa, pois além de atrasar a produção, aumentam os custos com manutenção corretiva e geram ineficiências ao longo da cadeia produtiva. Segundo Mobley, Higgins e Wikoff (2008), intervenções corretivas frequentes e de longa duração podem ser um indicativo de que o equipamento não está recebendo a devida manutenção preventiva, sugerindo a necessidade de uma revisão do plano de manutenção.

Por outro lado, alguns equipamentos, apresentaram tempos de reparo relativamente curtos no MTTR. Esses valores sugerem que as falhas nesses equipamentos são menos complexas e podem ser resolvidas com mais agilidade, o que minimiza o impacto na produção. No entanto, a frequência das falhas pode ser um ponto de alerta. Equipamentos que apresentam paradas curtas e recorrentes podem estar sofrendo com desgaste de componentes, o que pode resultar em falhas mais graves no futuro se não forem realizadas as devidas intervenções preventivas. Como discutido por Baran (2015), a manutenção preventiva é essencial para equipamentos críticos, pois permite a identificação de problemas antes que ocorram, reduzindo o número de falhas inesperadas e maximizando a disponibilidade dos ativos.

Outrossim, verifica-se que o cálculo do MTTR é mais direto e simplificado, pois as informações utilizadas são obtidas a partir dos tempos registrados pela equipe de manutenção durante as intervenções nos equipamentos listados na tabela. Em termos práticos, o MTTR representa o tempo médio necessário para reparar um equipamento após a ocorrência de uma falha (Mendes e Ribeiro, 2014). Assim, esse indicador reflete o tempo efetivo que a equipe de manutenção gastou para restaurar o funcionamento normal dos equipamentos.

Cabe destacar também que a decisão de calcular o MTBF e o MTTR para esses equipamentos foi tomada em função dos registros de paradas de manutenção não programadas, que foram documentadas nas ordens de serviço não planejadas (PNP). Essas paradas não programadas foram acompanhadas pelos tempos de reparo correspondentes, o que permitiu a coleta de dados suficientes para realizar as análises de confiabilidade e manutenibilidade, essenciais para melhorar a gestão da manutenção e evitar futuras falhas inesperadas.

4.5 Criticidade dos equipamentos

Após reunir e analisar todas as informações coletadas, juntamente com as análises qualitativas dos parâmetros P1, P2, P3 e P4, um encontro foi realizado com os times de produção, segurança, meio ambiente e manutenção. Esse encontro teve como objetivo discutir e validar as informações obtidas, assegurando que as percepções técnicas de cada equipe fossem consideradas na formulação da análise crítica. Essa validação foi essencial para garantir que os dados coletados não apenas refletissem a realidade dos maquinários da planta, mas também fossem representativos das condições de operação, segurança e produtividade. No apêndice A é apresentada a análise geral dos parâmetros de criticidade dos equipamentos.

Como análise, verifica-se a importância da priorização de manutenções preventivas para maquinários classificados como críticos (classe A). A classificação crítica atribuída à maioria dos equipamentos reflete a necessidade de atenção contínua para garantir a confiabilidade e disponibilidade operacional, características essas fundamentais para a eficiência produtiva, como destacado por Kardec e Nascif (2005).

O alto número de equipamentos críticos (classe A) indica que falhas nesses maquinários impactariam diretamente a produtividade e a qualidade do processo, como também sugerido por Baran (2015), ao mencionar que falhas em equipamentos de alta criticidade podem interromper o processo produtivo, gerando perdas financeiras substanciais. A correlação entre a criticidade dos equipamentos e a manutenção preventiva é evidente, uma vez que a redução

de falhas inesperadas e o prolongamento da vida útil dos equipamentos, como discutido por Xenos (2004), resultam em um melhor controle dos processos.

Com base nas informações obtidas na análise de criticidade dos equipamentos da empresa, foi possível totalizar os seguintes resultados, Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados e quantidades

| RESULTADOS / QUANTIDADES | | |
|---------------------------------|---------|-----------|
| A | CRÍTICO | 59 |
| B | MÉDIO | 3 |
| C | BAIXO | 1 |
| TOTAL DE EQUIPAMENTOS | | 63 |

Fonte: Elabora pela autora (2024).

Com base na fundamentação teórica apresentada no presente trabalho, observa-se que a implementação de um plano de manutenção preventiva, especialmente para os 59 equipamentos classificados como de alta criticidade (classe A), é essencial para o desempenho produtivo da empresa. Destaca-se que esses equipamentos operam de forma contínua, de modo que eventuais falhas podem interromper todo o processo produtivo do setor de fermentados. Como discussão, Santos (2018) destaca que a manutenção preventiva é essencial para manter os equipamentos em condições operacionais adequadas, prevenindo falhas e evitando paradas corretivas que, como mencionado por Kardec e Nascif (2005), podem gerar interrupções no processo produtivo e aumentar os custos operacionais. Essas falhas inesperadas costumam exigir intervenções emergenciais, o que resulta em gastos significativos com reposição de peças e mão de obra, além de causar impactos diretos na capacidade de entrega da produção.

Nesse âmbito, ao implementar o plano de manutenção preventiva, a empresa pode realizar inspeções visuais periódicas e substituir componentes de forma programada, antes que ocorram falhas graves. Como apontado por Xenos (2004), a manutenção preventiva, embora envolva um custo inicial, torna-se mais econômica a longo prazo, pois reduz o número de defeitos e as quebras inesperadas. Isso, conseqüentemente, diminui a necessidade de compras emergenciais de peças, otimizando a gestão de estoque, como destacado por Ramírez et al. (2002).

Além disso, um plano de manutenção bem estruturado pode prolongar a vida útil dos equipamentos, garantindo que operem com sua capacidade máxima por mais tempo. Segundo Kardec e Nascif (2009), a manutenção preventiva não só melhora a confiabilidade dos equipamentos, mas também assegura a sua disponibilidade e segurança, aspectos cruciais para

o bom andamento do processo produtivo. A redução de falhas inesperadas e a manutenção da qualidade dos processos são fatores que Baran (2015) identifica como determinantes para a sustentabilidade operacional de uma empresa.

Logo, ao aplicar esses conceitos ao contexto da empresa estudada, fica visível que a manutenção preventiva não é apenas uma prática recomendada, mas sim uma estratégia essencial para minimizar riscos operacionais, reduzir custos com reparos emergenciais e aumentar a confiabilidade dos ativos, conforme sugerido por Santos (2018) e corroborado por Moro e Auras (2021) na análise dos impactos das falhas nos processos industriais. Isso reforça a necessidade de uma gestão de manutenção integrada e focada na prevenção, com vistas à sustentabilidade a longo prazo.

Ao final da presente análise, observou-se que os indicadores de desempenho dos equipamentos, representados pela classificação ABC e pelas métricas de MTBF e MTTR, marcaram a necessidade de reestruturação do plano de manutenção da empresa, com ênfase na adoção de manutenções preventivas. A prevalência de paradas não planejadas indica uma oportunidade para melhorar a eficiência operacional e reduzir custos relacionados com a inatividade dos equipamentos. Embora a empresa já disponha de um plano de manutenção, mostrou-se importante revisar e aprimorar esse plano preventivo, uma vez que sua aplicação não tem sido feita de forma consistente e rotineira, limitando seus potenciais benefícios.

Nesse âmbito, a revisão do plano de manutenção preventiva é essencial para diminuir as manutenções corretivas não planejadas. Conforme indicado pelos cálculos de MTBF e MTTR, alguns equipamentos apresentam uma alta frequência de falhas em curtos intervalos, o que reforça a necessidade de uma abordagem mais proativa e contínua na manutenção. Ao relacionar, a aplicação regular de um plano preventivo tem o potencial de reduzir consideravelmente essas falhas, aumentando a confiabilidade dos equipamentos e minimizando os custos operacionais decorrentes de paradas inesperadas.

Diante desse cenário, foi sugerido para a empresa a implementação de um plano de manutenção preventiva focado nos equipamentos classificados como críticos. Embora essa recomendação não tenha sido aplicada na prática durante o estudo, foi proposta com o objetivo de reduzir os custos associados às manutenções emergenciais e otimizar a disponibilidade dos maquinários. O planejamento preventivo indicado visa evitar falhas inesperadas e garantir maior confiabilidade operacional, assegurando que os equipamentos operem dentro dos padrões de eficiência e segurança esperados.

Além disso, foi recomendada a adoção de um sistema integrado de gestão de manutenção. Essa medida pode garantir maior controle, previsibilidade e rastreabilidade das

falhas, além de melhorar a comunicação entre as equipes de manutenção e produção. Alinhando as práticas de manutenção sugeridas à criticidade dos equipamentos, a empresa estará mais preparada para atingir níveis superiores de disponibilidade e confiabilidade, assegurando uma operação mais estável e competitiva no mercado de laticínios.

Dessa forma, ao longo da pesquisa, foram identificados os equipamentos presentes na empresa e coletadas informações básicas, como o nome dos equipamentos, tempo de operação e histórico de manutenção. Também foi realizado o tagueamento dos maquinários e a análise de criticidade, utilizando a classificação ABC. A partir dessa análise, constatou-se a necessidade de priorizar ações de manutenção preventiva, com o objetivo de reduzir as manutenções corretivas, que se mostraram mais custosas em comparação com as preventivas. Logo, as informações obtidas foram apresentadas à empresa, ressaltando a importância da implementação de um plano de manutenção preventiva.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os conteúdos abordados, analisados e discutidos, considerações finais são importantes. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo principal realizar o mapeamento e a classificação do nível de criticidade dos equipamentos de uma indústria de laticínios, com foco no setor de fermentados. A pesquisa foi estruturada para responder à pergunta de pesquisa: “Como a classificação da criticidade dos equipamentos pode contribuir para a melhoria dos processos produtivos de uma empresa do setor de laticínios?”. Com base nas análises realizadas, pode-se afirmar que a pergunta foi devidamente respondida, pois a classificação dos equipamentos permitiu identificar aqueles que mais impactam o fluxo produtivo e propor ações para melhorar a gestão da manutenção.

Os resultados mais relevantes indicaram que a maioria dos equipamentos classificados como de alta criticidade (classe A) estão diretamente relacionados a paradas frequentes e prolongadas na linha de produção, resultando em perdas substanciais de produtividade e aumento dos custos operacionais. A utilização da metodologia de classificação ABC mostrou-se eficaz na identificação e priorização dos equipamentos que mais impactam o desempenho produtivo, especialmente por envolver equipamentos semiautomáticos de fluxo produtivo contínuo, facilitando a tomada de decisões estratégicas pela equipe de manutenção. Entre os equipamentos mais críticos, destacam-se os que atuam nas etapas de fermentação e envase, consideradas essenciais no processo produtivo de laticínios, dada sua sensibilidade às variações e falhas operacionais.

A contribuição do trabalho para a empresa também se manifestou na proposição da elaboração futura de um plano de manutenção preventiva focado nos equipamentos mais críticos. Essa abordagem busca reduzir as manutenções corretivas não planejadas e minimizar o impacto das paradas não programadas, além de otimizar a utilização dos recursos disponíveis e dos custos financeiros. Como apontado na literatura, o uso de manutenções preventivas pode reduzir significativamente os custos associados à falha dos equipamentos, ao mesmo tempo que melhora a confiabilidade e a segurança das operações. Para a prática empresarial, o presente estudo oferece uma ferramenta de gestão que orienta a equipe de manutenção a priorizar suas ações de forma mais estratégica, alinhando os objetivos operacionais com a demanda produtiva.

Entretanto, algumas limitações deste estudo devem ser consideradas. Em primeiro lugar, o foco foi restrito ao setor de fermentados, conforme determinação da empresa por ser o setor de maior produção e abrigar os equipamentos mais complexos, devido à sua semiautomação, isso limita a abrangência dos resultados para toda a planta industrial. Além disso, a implementação prática do plano de manutenção preventiva não foi realizada, devido ao curto prazo para a execução do estudo e a complexidade logística envolvida em sua aplicação. Como resultado, as recomendações elaboradas se mantiveram no campo teórico.

Considerando a importância do tema e as limitações enfrentadas, o presente trabalho pensa em diversas oportunidades para estudos futuros. Em primeiro lugar, recomenda-se a expansão da análise de criticidade para os demais setores da empresa, como pasteurização e armazenamento, que também desempenham papéis fundamentais no processo produtivo. Além disso, a incorporação de tecnologias emergentes, como sensores inteligentes e manutenção preditiva baseada em dados, poderia otimizar ainda mais a identificação precoce de falhas e permitir intervenções mais eficientes e direcionadas. Futuras pesquisas poderiam avaliar, de forma mais detalhada, o impacto econômico da implementação do plano de manutenção preventiva proposto, comparando os resultados financeiros e operacionais antes e após a adoção das novas práticas. Outra linha de pesquisa seria a realização de estudos comparativos com outras empresas do setor de laticínios, buscando identificar melhores práticas de manutenção e estabelecer um benchmarking que possa ser replicado por outras organizações.

Portanto, os trabalhos futuros devem continuar as propostas constituídas no presente estudo, integrando inovações tecnológicas e aprimoramentos metodológicos que possibilitem uma gestão de manutenção ainda mais eficaz. Com o avanço das tecnologias de monitoramento e a crescente complexidade dos processos produtivos, é fundamental que a empresa adote uma postura proativa em relação à manutenção de seus ativos, assegurando que a operação permaneça eficiente, competitiva e capaz de atender às demandas do mercado.

REFERÊNCIAS

- ABNT, NBR. 5462. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, v. 6, 1994.
- BARBOSA, E. F. **Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais**. Educativa, out, 1998.
- BARAN, L. R. **Proposta de um modelo multicritério para determinação da criticidade na gestão da manutenção industrial**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- BRANCO FILHO, G. I. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.
- BELTRAME, J. O.; GUZZO, M. V. P.; SILVA, R. B.; SOUZA MARTINS, D. de. **Análise da eficiência da manutenção através de indicadores chave de desempenho**. 2020.
- CABRAL, J. S. **Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática**. 2006.
- CARVALHO, G. R.; HOTT, M. C.; OLIVEIRA, A. F. Análise espacial da concentração da produção de leite no Brasil e potencialidades geotecnológicas para o setor. **Boletim de conjuntura agropecuária**, Campinas, SP, p. 1-34, 2006.
- CIRILO, J.; MARCOS, A. **Implantação do Controle de Manutenção**. 2002. Disponível em: <http://www.mantenimentomundial.com/notas/11controle.pdf>. Acesso em: 11 out. 2024.
- COSTA, F. B. da; MELO, G. V. de; SANTOS, L. D. R. dos. Estudo Para Implantação De Um Sistema De Planejamento E Controle De Manutenção. **Revista Interface Tecnológica**, Manaus, ano 2020.
- EISLER, E. **Oportunidade de crescimento do setor leiteiro**. Belo Horizonte, 2010. Palestra ministrada durante o 11 Congresso Pan-Americano do Leite, Belo Horizonte, 2010.
- EMBRAPA. **Análise do mercado de leite: desempenho e tendências para 2024**. Brasília: Embrapa Gado de Leite, 2024.
- BRANCO FILHO, G. **Dicionário de Termos Técnicos de Manutenção e Confiabilidade**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2000.
- FREIRE, P. S. D. **A manutenção centrada na confiabilidade (MCC) aplicada em um ambiente organizacional gerenciado pela manutenção produtiva total (MPT)**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa/–12. Reimpressão. –São Paulo: Atlas, 2009.
 _ **Como elabora projetos de pesquisa. /5. Ed.–São Paulo: Atlas, 2010.**

GOUWS, J.; GOUWS, L. E. Optimised Combination of Maintenance Types. In: **FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE MINERALS INDUSTRY – MINEIT’97**, 1997, Greece. [S. l.: s. n.], 1997.

JAPAN INSTITUTE FOR PLANT MAINTENANCE (JIPM). **600 Forms Manual**. Japan, 1995

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**, 2ª edição, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abramam.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção função estratégica**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2005.

KARDEC, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KELLY, A. **Maintenance Strategy: Optimization Models and Applications**. 3rd ed. Elsevier, 2021.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2001.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Artes Médicas; Belo Horizonte: UFMG, 1999.

LIMA, F. A.; DE CASTILHO, J. C. N. **Aspectos da Manutenção dos Equipamentos Científicos da Universidade de Brasília**. Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (FACE) - Brasília - DF, 2006.

LIRA, B. C. **Passo a passo do trabalho científico**. Editora Vozes, 2019.

LUCATELLI, M. V. **PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM EQUIPAMENTOS MÉDICOHOSPITALARES**. Orientador: Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr. 2002. 285 p. Tese (Doutor em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, outubro de 2002.

MACHADO, M. W. K. **A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NA CONTEMPORANEIDADE**. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. v. 1.

MENDES, A. A.; RIBEIRO, J. L. D. Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT. **Production**, v. 24, p. 675-686, 2014.

MOBLEY, R. K.; HIGGINS, L. R., WIKOFF. D.J, **Maintenance Engineering Handbook**, New York Editora, 7ª Edição, Nova Iorque, 2008.

MORO, Eng Mec N.; AURAS, MEng Téc Mec A. P. **INTRODUÇÃO À #somostodosbibliotecaescolar. Brasília: Conselho Federal de Biblioteconomia, 2021 [recurso eletrônico]. p. 13-15., 2021.**

MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade.** São Paulo: Ed. SPES Engenharia de Sistemas Ltda, 2000. Tradução de Kleber Siqueira. 426 p

OLIVEIRA, T. A. B. **GESTÃO DA MANUTENÇÃO, IMPLEMENTANDO UMA SIMULAÇÃO NO SETOR DE MANUTENÇÃO DA PEDREIRA UM VALEMIX.** Orientador: Prof. Dr. Alexandre Xavier Martins. 2016. 42 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016.

PAZETO, A. C. **MODELO DE PRIORIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA EM AMBIENTES HOSPITALARES.** Orientadora: Prof.^a Selma Terezinha Milagre, Dra. 2016. 168 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, maio de 2016.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica.** Qualitymark, 2009.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição.** Editora Feevale, 2013.

RAMÍREZ, E. F. F.; CALDAS, E. C.; SANTOS JÚNIOR, P. R. **Manual hospitalar de manutenção preventiva.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2002.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56, abr. 2008.

SANTOS, R. S. **Manutenção preventiva e corretiva: máquinas de envase de manteiga em pote em uma fábrica de laticínio.** 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23068/3/ManutencaoPreventivaCorretiva.pdf>. Acesso em: 01 de out. de 2024.

SILVA, J. A.; SOUZA, P. R.; LIMA, M. A.; RODRIGUES, F. T. The importance of equipment tagging in the maintenance management process. **International Journal of Industrial Maintenance**, v. 12, n. 3, p. 45-52, 2021.

DA SILVA, E. R. et al. Caracterização das pesquisas de teses em administração com abordagem qualitativa. **Revista de Administração de Roraima-RARR**, v. 6, n. 1, p. 204-223, 2016.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SIQUEIRA, K. B.; CARNEIRO, A. V.; ALMEIDA, M. F. de; SOUZA, R. C. N. **O mercado lácteo brasileiro no contexto mundial.** 2010.

SOUZA, J. B. D. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do Planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica.** Orientador: Prof. Dr. Rui Francisco Martins Marçal, v. 169, 2008.

SULLIVAN, G. P.; DEAN, J. D.; DIXON, D. R. **Operations & Maintenance Best Practices A Guide to Achieving Operational Efficiency.** Pacific Northwest National Laboratory for the Federal Energy Management Program. 2004.

TENG, S.-H.; HO, S.-Y. Failure mode and effects analysis: An integrated approach for product design and process control. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 13, n. 5, p.8 – 26, 2000.

THOMAIDIS, T. V.; PISTIKOPOULOS, S. Criticality Analysis of Process Systems. Reliability and Maintainability, 2004 **Annual Symposium - RAMS**, vol., no., pp.451,458, 26-29 Jan. 2004.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção.** Qualitymark. Rio de Janeiro, 2009.

WEBER, A. J.; FILHO, D. D. A.; ALEXANDRINA JR, J. P.; CUNHA, J. A. P.; ARAÚJO, P. **Curso Técnico Mecânico - Manutenção Industrial.** SENAI – CFP - Alvimar Carneiro de Rezende. SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial 2008.

WILKINSON, J. **Parte II – A competitividade na indústria de laticínios: 1. Padrões de concorrência e regulação na indústria mundial.** Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisa Social, 2008.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade.** Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZAMBELLO, A. V.; SOARES, A. G.; TAUIL, C. E.; DONZELLI, C. A.; FONTANA, F.; MAZUCATO, T. P. S.; CHOTOLLI, W. P. **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico.** Penápolis: FUNEPE, 2018.

APÊNDICE

APÊNDICE A – TABELA DE CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS

Tabela A.1 – Criticidade dos equipamentos

| CÓDIGO DO EQUIPAMENTO – TAG | DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO | P1 (S) | P2 (Q) | P3 (TO) | P4 (P) | P5 (M) | P6 (MT) | CRITICIDADE | RESULTADO |
|-----------------------------|----------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-------------|-----------|
| FER-TRE-01 | TREEBLENDER | Z | X | X | Z | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-TRE-01 | BOMBA NETZSCH TREEBLENDER | Y | X | Y | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-001 | MATURADOR 01 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-001 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 01 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-002 | MATURADOR 02 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-002 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 02 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-003 | MATURADOR 03 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-003 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 03 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-004 | MATURADOR 04 | X | X | X | X | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-004 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 04 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-005 | MATURADOR 05 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-005 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 05 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-006 | MATURADOR 06 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-006 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 06 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-007 | MATURADOR 07 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-007 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 07 | X | Z | Z | Z | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-008 | MATURADOR 08 | X | X | X | X | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-008 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 08 | X | Z | Z | Z | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-009 | MATURADOR 09 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-009 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 09 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-010 | MATURADOR 10 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-010 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 10 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-011 | MATURADOR 11 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-011 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 11 | X | Z | Z | Z | Z | Y | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-012 | MATURADOR 12 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-012 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 12 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-013 | MATURADOR 13 | X | X | X | X | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-013 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 13 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-014 | MATURADOR 14 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-014 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 14 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-015 | MATURADOR 15 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-015 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 15 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-MAT-016 | MATURADOR 16 | X | X | X | X | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-MAT-016 | BOMBA NETZSCH MATURADOR 16 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------|
| FER-MAT-DES-001 | FERMENTEIRA DESENVOLVIMENTO PRODUTO | Z | X | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-HOM-001 | HOMOGENEIZADOR K2J | Z | Y | Y | Z | Z | Z | C | BAIXO |
| FER-SOR-001 | SILO DE SORO 01 | Z | X | X | Y | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-SOR-002 | SILO DE SORO 02 | Z | X | X | Y | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-ENV-BAN-001 | ENVASADORA (TERMOFORMADOR) FORMSEAL DMFS-5000 | X | X | Z | Y | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-DAT-BAN-001 | DATADORA BEST CODE - TAG 01 (DMFS-5000) | X | Z | Z | Y | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-ENV-GAR-002 | ENVASADORA DMS-2000 | X | X | Z | Y | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-DAT-GAR-002 | DATADORA BEST CODE - TAG 11 (DMS-2000) | X | X | Y | Y | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-EST-GAR-002 | ESTEIRA TRANSPORTADORA (DMS-2000) | Z | Z | X | Y | Z | Z | B | MÉDIO |
| FER-ENV-GAR-003 | ENVASADORA DMSG-2000 | X | X | Z | Y | Y | Y | A | CRÍTICO |
| FER-DAT-GAR-003 | DATADORA DOMINO A200 - TAG 05 (DMGLR-2000) | X | Z | Z | Y | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-EST-GAR-003 | ESTEIRA TRANSPORTADOR C (DMGLR-2000) | Z | Z | X | Y | Z | Z | B | MÉDIO |
| FER-ENV-SAC-004 | ENVASADORA EXIPAC III 2000 | X | X | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-ENV-REC-005 | ENVASADORA MILLI M 100 | X | X | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-REC-005 | BOMBA VALLAIR (MILLI M 100) | X | Y | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-DAT-REC-005 | DATADORA DOMINO A120 - TAG 09 (MILLI M 100) | X | X | Y | Y | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-ENV-COP-006 | ENVASADORA DMS-4000 - 100/140/180/DUO | X | X | Y | Y | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-DAT-COP-006 | DATADORA DOMINO A120 - TAG 03 (DMS-4000) | X | X | Y | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-EST-COP-006 | ESTEIRA TRANSPORTADORA B (DMS-4000) | Y | Z | X | Y | Z | Z | B | MÉDIO |
| FER-ENV-COP-007 | ENVASADORA DMS-4000 - 300/400/500G | X | X | Y | Y | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-DAT-COP-007 | DATADORA DOMINO A100 - TAG 04 | X | X | Y | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-EST-COP-007 | ESTEIRA TRANSPORTADORA A (DMS-4000) | Y | Z | X | Y | X | Z | A | CRÍTICO |
| FER-ENV-CAP-009 | ENVASADORA SOBRECOPOS DMS 2000 AD | X | Y | Z | Z | Y | Z | A | CRÍTICO |
| FER-TAN-ACI-010 | TANQUE SOLUÇÃO ÁCIDA 01 | X | Y | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-ACI-010 | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 01 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-TAN-ALC-011 | TANQUE SOLUÇÃO ALCALINA 02 | X | Y | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-BOM-ALC-011 | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 02 | X | Z | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |
| FER-TAN-ACI-012 | TANQUE SOLUÇÃO ÁCIDA 03 | X | Y | Z | Z | Z | Z | A | CRÍTICO |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|---|----------------|
| FER-BOM-ALC-012 | BOMBA CENTRÍFUGA LIMPEZA CIP 03 | X | Z | Z | Z | Z | Z | | A | CRÍTICO |
|-----------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|---|----------------|

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Apêndice B - TABELA DOS CÁLCULOS DO MTBF

Conforme foi apresentado no corpo do texto, aqui consta toda a tabela realizada no Excel dos cálculos do MTBF:

Tabela B.1 – Cálculo MTBF – parte 1

| O.S. | DATA | LOCAL | HOUVE PARA DA? | TEMPO DE PARADA | TEMPO DE PARADA | HORA TOTAL DE PARA | Início Turno | Fim Turno | Turno Diário | Horas funcionamento antes | Horas funcionamento após | Horas bom Funcionamento | Somatório Horas Bom Funciona | MTBF TOTAL | Equipamento | Criticidade |
|-------|------------|---------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------|-----------|--------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|------------|------------------------|-------------|
| 53832 | 05/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | SIM | 12:58 | 13:05 | 00:07 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 8:58 | 4:55 | 13:53 | 14:14 | 15:33 | Enfardadeira | Y |
| 53844 | 06/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | SIM | 07:45 | 07:57 | 00:12 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 3:45 | 10:03 | 13:48 | | | | |
| 53941 | 24/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | SIM | 05:48 | 06:29 | 00:41 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 1:48 | 11:31 | 13:19 | | | | |
| 54108 | 17/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | SIM | 12:30 | 13:16 | 00:46 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 8:30 | 4:44 | 13:14 | | | | |
| 54082 | 12/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDÁRIA | NÃO | - | - | - | 4:00 | 20:00 | 16:00 | - | - | 16:00 | - | - | FECHADO RA DE CAIXAS | Z |
| 53892 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - BEBIDA SACO | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Z |
| 54007 | 03/02/2024 | FERMENTADOS - BEBIDA SACO | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 54042 | 06/03/2024 | FERMENTADOS - CAPACETE | SIM | 05:45 | 06:52 | 01:07 | 4:00 | 10:00 | 6:00 | 1:45 | 3:08 | 4:53 | 33:50:00 | 16:56:00 | Envasador a SobreCopos | Y |
| 54241 | 13/03/2024 | FERMENTADOS - CAPACETE | SIM | 05:00 | 06:03 | 01:03 | 4:00 | 10:00 | 6:00 | 1:00 | 3:57 | 4:57 | | | | |
| 53883 | 11/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 16:15 | 16:22 | 00:07 | 15:00 | 17:00 | 2:00 | 1:15 | 0:38 | 1:53 | 94:30:00 | 13:30:00 | Envasador a Copo 400g | X |
| 53896 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 15:12 | 15:25 | 00:13 | 15:00 | 17:00 | 2:00 | 0:12 | 1:35 | 1:47 | | | | |
| 53978 | 30/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 18:20 | 19:05 | 00:45 | 18:00 | 20:00 | 2:00 | 0:20 | 0:55 | 1:15 | | | | |
| 54072 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 17:10 | 17:30 | 0:20 | 16:00 | 18:00 | 2:00 | 1:10 | 0:30 | 1:40 | | | | |
| 54106 | 16/02/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 14:30 | 15:00 | 00:30 | 14:00 | 16:00 | 2:00 | 0:30 | 1:00 | 1:30 | | | | |

Fonte: Elabora pela autora (2024).

Tabela B.2 – Cálculo MTBF – parte 2

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|----------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|----------|-----------------------|---|
| 54134 | 22/02/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 07:00 | 08:00 | 1:00 | 6:00 | 8:00 | 2:00 | 1:00 | 0:00 | 1:00 | 570:02:00 | 63:20:13 | Envasador a Copo 180g | Z |
| 54416 | 25/03/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 08:00 | 08:35 | 00:35 | 7:00 | 9:00 | 2:00 | 1:00 | 0:25 | 1:25 | | | | |
| 53924 | 14/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | NÃO | - | - | - | 4:00 | 22:00 | 18:00 | - | - | 16:00 | | | | |
| 53891 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 400G | SIM | 05:00 | 05:20 | 00:20 | 4:00 | 14:00 | 10:00 | 1:00 | 8:40 | 9:40 | | | | |
| 53935 | 23/01/2024 | FERMENTADOS - COPO 180G | SIM | 08:35 | 09:55 | 01:20 | 4:00 | 14:00 | 10:00 | 4:35 | 4:05 | 8:40 | | | | |
| 54086 | 13/02/2024 | FERMENTADOS - COPO 180G | SIM | 09:40 | 10:13 | 00:33 | 4:00 | 14:00 | 10:00 | 5:40 | 3:47 | 9:27 | | | | |
| 54158 | 23/02/2024 | FERMENTADOS - COPO 180G | SIM | 18:00 | 19:30 | 01:30 | 10:00 | 20:00 | 10:00 | 8:00 | 0:30 | 8:30 | | | | |
| 54192 | 03/03/2024 | FERMENTADOS - COPO 180G | SIM | 07:30 | 09:40 | 02:10 | 4:00 | 14:00 | 10:00 | 3:30 | 4:20 | 7:50 | | | | |
| 54230 | 09/03/2024 | FERMENTADOS - COPO 180G | SIM | 15:00 | 15:45 | 00:45 | 10:00 | 20:00 | 10:00 | 5:00 | 4:15 | 9:15 | | | | |
| 54268 | 17/03/2024 | FERMENTADOS - COPO 180G | SIM | 04:00 | 04:50 | 00:50 | 4:00 | 14:00 | 10:00 | 0:00 | 9:10 | 9:10 | | | | |
| 54401 | 22/03/2024 | FERMENTADOS - COPO 180G | SIM | 17:55 | 19:50 | 01:55 | 10:00 | 20:00 | 10:00 | 7:55 | 0:10 | 8:05 | | | | |
| 54446 | 31/03/2024 | FERMENTADOS - COPO 180G | SIM | 18:20 | 18:55 | 00:35 | 10:00 | 20:00 | 10:00 | 8:20 | 1:05 | 9:25 | | | | |
| 53856 | 06/01/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 17:07 | 18:10 | 01:03 | 5:00 | 19:00 | 14:00 | 12:07 | 0:50 | 12:57 | | | | |
| 53888 | 11/01/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 18:45 | 19:20 | 00:35 | 6:00 | 20:00 | 14:00 | 12:45 | 0:40 | 13:25 | | | | |
| 53951 | 25/01/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 04:55 | 05:16 | 00:21 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 0:55 | 12:44 | 13:39 | | | | |
| 54032 | 07/02/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 12:03 | 13:05 | 01:02 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 8:03 | 4:55 | 12:58 | | | | |
| 54084 | 13/02/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 05:09 | 05:19 | 00:10 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 1:09 | 12:41 | 13:50 | | | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Tabela B.3 – Cálculo MTBF – parte 3

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----------|----------|--------------------------|---|
| 54163 | 24/02/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 09:37 | 09:43 | 00:06 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 5:37 | 8:17 | 13:54 | 883:59:00 | 63:08:30 | Envasador a Garrafa 900g | Z |
| 54169 | 28/02/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 06:08 | 06:20 | 00:12 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 2:08 | 11:40 | 13:48 | | | | |
| 54191 | 03/03/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 05:03 | 05:28 | 00:25 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 1:03 | 12:32 | 13:35 | | | | |
| 54286 | 21/03/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 05:12 | 07:30 | 02:18 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 1:12 | 10:30 | 11:42 | | | | |
| 54292 | 22/03/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 05:30 | 06:10 | 00:40 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 1:30 | 11:50 | 13:20 | | | | |
| 54296 | 22/03/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 09:20 | 10:00 | 00:40 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 5:20 | 8:00 | 13:20 | | | | |
| 54406 | 24/03/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 06:00 | 08:30 | 02:30 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 2:00 | 9:30 | 11:30 | | | | |
| 54414 | 25/03/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 05:30 | 06:10 | 00:40 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 1:30 | 11:50 | 13:20 | | | | |
| 54444 | 31/03/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 900G | SIM | 11:05 | 12:24 | 01:19 | 4:00 | 18:00 | 14:00 | 7:05 | 5:36 | 12:41 | | | | |
| 53837 | 05/01/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 170G | SIM | 05:30 | 05:45 | 00:15 | 4:00 | 8:00 | 4:00 | 1:30 | 2:15 | 3:45 | | | | |
| 53997 | 07/01/2024 | FERMENTADOS - GARRAFINHA | SIM | 05:10 | 07:02 | 01:52 | 4:00 | 8:00 | 4:00 | 1:10 | 0:58 | 2:08 | | | | |
| 53996 | 02/02/2024 | FERMENTADOS - GARRAFINHA | SIM | 13:25 | 14:20 | 00:55 | 10:00 | 14:00 | 4:00 | 3:25 | 0:20 | 3:45 | | | | |
| 54059 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 170G | SIM | 06:25 | 06:55 | 00:30 | 4:00 | 8:00 | 4:00 | 2:25 | 1:05 | 3:30 | 3:30 | 03:30:00 | Datadora 05 | X |
| 53934 | 23/01/2024 | FERMENTADOS - GARRAFA 170G | SIM | 05:02 | 05:12 | 00:10 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 1:02 | 10:48 | 11:50 | | | | |
| 54063 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 11:20 | 14:01 | 02:41 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 7:20 | 1:59 | 9:19 | | | | |
| 54120 | 20/02/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 05:35 | 07:27 | 01:52 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 1:35 | 8:33 | 10:08 | | | | |
| 53300 | 02/03/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 05:09 | 06:41 | 01:32 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 1:09 | 9:19 | 10:28 | | | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Tabela B.4 – Cálculo MTBF – parte 4

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|--------------------|---|
| 53328 | 07/03/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 09:56 | 10:30 | 0:34 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 5:56 | 5:30 | 11:26 | 23:39 | 02:21:54 | Envasadora Bandeja | X |
| 54215 | 09/03/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 09:34 | 10:16 | 00:42 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 5:34 | 5:44 | 11:18 | | | | |
| 54251 | 14/03/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 10:40 | 10:50 | 00:10 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 6:40 | 5:10 | 11:50 | | | | |
| 54216 | 15/03/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 14:00 | 15:05 | 01:05 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 10:00 | 0:55 | 10:55 | | | | |
| 54217 | 17/03/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 17:06 | 17:30 | 00:24 | 10:00 | 22:00 | 12:00 | 7:06 | 4:30 | 11:36 | | | | |
| 54278 | 20/03/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 07:26 | 10:37 | 03:11 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 3:26 | 5:23 | 8:49 | | | | |
| 54058 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - IOGURTE BANDEJA | SIM | 05:24 | 05:57 | 00:33 | 4:00 | 16:00 | 12:00 | 1:24 | 10:03 | 11:27 | | | | |
| 54012 | 02/02/2024 | TRIBLENDER | SIM | 18:30 | 18:45 | 00:15 | 12:00 | 20:00 | 8:00 | 6:30 | 1:15 | 7:45 | 15:32 | 07:46:00 | Triblender | X |
| 54011 | 02/02/2024 | TRIBLENDER | SIM | 14:37 | 14:50 | 00:13 | 12:00 | 20:00 | 8:00 | 2:37 | 5:10 | 7:47 | | | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Tabela B.5 – Cálculo MTBF – parte 5

| O.S. | DATA | LOCAL | HOUVE PARADA? | TEMPO DE PARADA INICIAL | TEMPO DE PARADA FINAL | HORA TOTAL DE PARADA | Início Turno | Horas funcionamento Maturador (h) | Fim Turno | Turno Diário | Horas funcionamento o antes parada | Horas funcionamento o após parada | Horas bom Funcionamento | Somatório Horas Bom Funcionamento | MTBF TOTAL | Equipamento |
|-------|------------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|--------------|-----------------------------------|-----------|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------|--------------------|
| 54289 | 21/03/2024 | FERMENTADOS - FAB | SIM | 16:30 | 17:00 | 00:30 | 13:00 | 5:30 | 18:30 | 5:30 | 3:30 | 1:30 | 5:00 | 5:00 | 05:00:00 | Maturador 04 |
| 53918 | 19/01/2024 | FERMENTADOS - FAB | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Maturador 05 |
| 54246 | 14/03/2024 | FERMENTADOS - FAB | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| 53329 | 09/03/2024 | FERMENTADOS - IOG | SIM | 05:35 | 07:03 | 01:28 | 4:00 | 5:30 | 9:30 | 5:30 | 1:35 | 2:27 | 4:02 | 4:02 | 4:02 | Maturador 08 |
| 54200 | 07/03/2024 | FERMENTADOS - FAB | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Maturador 12 |
| 54159 | 23/02/2024 | FERMENTADOS - FAB | SIM | 21:30 | 22:00 | 00:30 | 21:00 | 2:30 | 23:30 | 2:30 | 0:30 | 1:30 | 2:00 | 2:00 | 2:00 | Maturador 13 |
| 53847 | 06/01/2024 | FERMENTADOS - FAB | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Maturador 16 |
| 53814 | 03/01/2024 | FERMENTADOS - GAR | SIM | 12:40 | 13:00 | 00:20 | 12:00 | 2:10 | 14:10 | 2:10 | 0:40 | 1:10 | 1:50 | 1:50 | 1:50 | Bomba Maturador 07 |
| 53815 | 03/01/2024 | FERMENTADOS - IOG | SIM | 12:55 | 13:28 | 00:33 | 13:00 | 3:00 | 16:00 | 3:00 | 0:05 | 2:32 | 2:37 | 2:37 | 2:37 | Bomba Maturador 08 |
| 54009 | 27/03/2024 | FERMENTADOS | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Bomba Maturador 10 |
| 53878 | 11/01/2024 | FERMENTADOS | NÃO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Bomba Maturador 11 |
| 54167 | 27/02/2024 | FERMENTADOS | SIM | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Bomba Maturador 15 |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

APÊNDICE C – TABELAS DOS CÁLCULOS DO MTTR

Tabela C.1 – Cálculo do índice MTTR – Parte 1

| O.S. | DATA | LOCAL | EQUIPAMENTO | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA | INÍCIO DE REPARO | FIM DE REPARO | HORA TOTAL DE REPARO | Somatório Total de Reparos | MTTR TOTAL | Equipamento | Criticidade |
|-------|------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------|---------------|----------------------|----------------------------|------------|--------------------------|-------------|
| 53832 | 05/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA | EMBALAGEM AB | 12:58 | 13:05 | 00:07 | 01:57:00 | 00:23:24 | Enfardadeira | Z |
| 53844 | 06/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA | EMBALAGENS A | 07:46 | 07:57 | 00:11 | | | | |
| 53941 | 24/01/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA | FACA DA ENFAR | 06:19 | 06:28 | 00:09 | | | | |
| 54066 | 09/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA | MOTO REDUTOR | 12:30 | 13:20 | 00:50 | | | | |
| 54108 | 17/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | ENFARDADEIRA - GAR | SUORTE DE AP | 12:35 | 13:15 | 00:40 | 00:45 | 00:45 | Fechadora Caixas | Z |
| 54082 | 12/02/2024 | EMBALAGEM SECUNDA | FECHADORA DE CAIXA | FAZER A LIGAÇÃ | 22:20 | 23:05 | 00:45 | | | | |
| 53892 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - BEBID | ENVASADORA BEBIDA | ANEL DE VEDAÇ | 09:30 | 10:30 | 01:00 | 01:05:00 | 00:32:30 | Envasadora Bebida Saco | Z |
| 54007 | 03/02/2024 | FERMENTADOS - BEBID | MÁQUINA DE ENVASE | LÂMPADA GERM | 13:30 | 13:35 | 00:05 | | | | |
| 54042 | 06/03/2024 | FERMENTADOS - CAPA | SELADORA | BAIXA NA TEMPI | 05:55 | 06:44 | 00:49 | 01:40:00 | 00:50:00 | Envasadora SobreCopos | Z |
| 54241 | 13/03/2024 | FERMENTADOS - CAPA | SELADORA | EQUIPAMENTO | 05:05 | 05:56 | 00:51 | | | | |
| 54106 | 16/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | SELADORA POTE 3000 | RESISTENCIA QU | 14:30 | 15:00 | 00:30 | 03:35:00 | 00:21:30 | Envasadora Copo 400g | Z |
| 53801 | 02/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | ENVASADORA DE COF | TERMOPAR PICC | 15:20 | 15:35 | 00:15 | | | | |
| 54134 | 22/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | RESISTÊNCIA | RESISTENCIA NÃ | 07:20 | 07:54 | 00:34 | | | | |
| 54072 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | SELADORA | RESISTÊNCIA QU | 17:10 | 17:20 | 00:10 | | | | |
| 54416 | 25/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | ENVASADORA DE COF | SELAGEM DESAL | 08:00 | 08:35 | 00:35 | | | | |
| 53965 | 26/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | ESTEIRA | SOBRECARGA M | 14:44 | 15:00 | 00:16 | | | | |
| 53883 | 11/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | SELAGEM POTE | DESALINHAMEN | 16:17 | 16:22 | 00:05 | | | | |
| 53896 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | ALIMENTA SELO | SELO DESALINHA | 15:15 | 15:25 | 00:10 | | | | |
| 54264 | 16/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | PICOTE | PICOTE NÃO MA | 18:00 | 18:20 | 00:20 | | | | |
| 53978 | 30/01/2024 | FERMENTADOS | ESTEIRA COPOS | ESTEIRA QUE LE | 18:25 | 19:05 | 00:40 | | | | |
| 53924 | 14/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | DATADORA | SENSOR DATAD | 16:00 | 16:20 | 00:20 | 00:20 | 00:20 | Datadora Envasadora Copo | Z |
| 53891 | 12/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | DMS 4000 | PICOTE DA SELA | 05:05 | 05:12 | 00:07 | 00:20 | 00:20 | Datadora Envasadora Copo | Z |
| 54157 | 23/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | PICOTE | PICOTE NÃO EST | 12:45 | 12:55 | 00:10 | | | | |
| 54158 | 23/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | RESISTÊNCIA | RESISTENCIA QU | 18:30 | 19:00 | 00:30 | | | | |
| 54175 | 28/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA ENVASAD | TERMOPAR QUE | 10:10 | 10:30 | 00:20 | | | | |
| 54192 | 03/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA COPO 180 | VAZAMENTO NA | 07:30 | 09:40 | 02:10 | | | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Tabela C.2 – Cálculo MTTR – parte 2

| | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|--------------------|---------------------|-----------------|-------|-------|-------|----------|----------|--------------------------|---|
| 54086 | 13/02/2024 | FERMENTADOS - COPO | SELAGEM | RESISTENCIA QU | 09:45 | 10:00 | 00:15 | 08:00:00 | 00:36:55 | Envasadora Copo 180g | Z |
| 53935 | 23/01/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA ENVASAD | RESISTENCIA EST | 08:40 | 09:20 | 00:40 | | | | |
| 54401 | 22/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA DE COPOS | FALHA NA SELAG | 18:00 | 19:50 | 01:50 | | | | |
| 54291 | 21/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA ENVASAD | SELADORA NÃO | 21:00 | 21:30 | 00:30 | | | | |
| 54432 | 29/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | PICOTE | TERMOPAR DO | 12:45 | 12:55 | 00:10 | | | | |
| 54230 | 09/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA ENVASAD | RESISTÊNCIA QU | 15:05 | 15:28 | 00:23 | | | | |
| 54268 | 17/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA COPO 180 | MÁQUINA DESA | 04:20 | 04:50 | 00:30 | | | | |
| 54446 | 31/03/2024 | FERMENTADOS - COPO | MÁQUINA ENVASAD | RESISTÊNCIA QU | 18:30 | 18:55 | 00:25 | | | | |
| 54084 | 13/02/2024 | FERMENTADOS - GARR | ENVASADORA | CRUZ DE MALTA | 05:15 | 05:25 | 00:10 | | | | |
| 54205 | 07/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | SENSOR DE NÍVEL | FALHA NO SENS | 17:00 | 17:10 | 00:10 | | | | |
| 54191 | 03/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | ENVASADORA | SESNOR COM D | 05:00 | 05:28 | 00:28 | 22:28:00 | 01:10:57 | Envasadora Garrafa 900g | Y |
| 54286 | 21/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | MÁQUINA DE ENVASE | TAMPAS MAL RC | 05:10 | 07:30 | 02:20 | | | | |
| 54292 | 22/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | MÁQUINA DE ENVASE | MAL ROSQUEAM | 05:30 | 06:10 | 00:40 | | | | |
| 54283 | 20/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | ROSQUEADEIRA | ROSQUEADEIRA | 17:40 | 18:30 | 00:50 | | | | |
| 54426 | 28/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | SUORTE PARA SAÍDA | GARFO PARA SU | 23:00 | 00:15 | 01:15 | | | | |
| 54050 | 08/02/2024 | FERMENTADOS - GARR | MESA DE APOIO PARA | MESA QUEBRAD | 15:20 | 15:50 | 00:30 | | | | |
| 53888 | 11/01/2024 | FERMENTADOS - GARR | ROSQUEADORA | ROSQUEADORA | 19:15 | 19:25 | 00:10 | | | | |
| 53856 | 06/01/2024 | FERMENTADOS - GARR | ENVASADORA | GARRAFA COM M | 17:10 | 18:09 | 00:59 | | | | |
| 53951 | 25/01/2024 | FERMENTADOS - GARR | MÁQUINA DE ENVASE | ESTEIRA PAROU | 04:58 | 05:15 | 00:17 | | | | |
| 54032 | 07/02/2024 | FERMENTADOS - GARR | ROSQUEADORA DE T | TAMPAS MAL RC | 12:00 | 13:05 | 01:05 | | | | |
| 54296 | 22/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | MÁQUINA DE ENVASE | TAMPA MAL RO | 09:20 | 10:00 | 00:40 | | | | |
| 54018 | 14/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | ROSQUEADORA | SUBSTITUIÇÃO D | 05:12 | 13:10 | 07:58 | | | | |
| 54406 | 24/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | MÁQUINA DE ENVASE | SETUP LEITE FER | 06:00 | 08:30 | 02:30 | | | | |
| 54414 | 25/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | ENVASADORA | TAMPAS MAL RC | 05:30 | 06:10 | 00:40 | | | | |
| 54444 | 31/03/2024 | FERMENTADOS - GARR | SELADORA | SELADORA PARC | 11:08 | 12:24 | 01:16 | | | | |
| 54163 | 24/02/2024 | FERMENTADOS | GUIA DOS BICOS DE D | GUIA DOS BICOS | 09:30 | 09:45 | 00:15 | | | | |
| 54169 | 28/02/2024 | FERMENTADOS | MÁQUINA DE ENVASE | MANGUEIRA DE | 06:05 | 06:20 | 00:15 | | | | |
| 53836 | 04/01/2024 | FERMENTADOS - GARR | MÁQUINA GARRAFA | RESISTÊNCIA CO | 22:15 | 22:30 | 00:15 | 04:11:00 | 01:02:45 | nvasadora Garrafinha 170 | Y |
| 53837 | 05/01/2024 | FERMENTADOS - GARR | MÁQUINA GARRAFA | LÂMPADA ULTR | 08:30 | 09:35 | 01:05 | | | | |
| 53996 | 02/02/2024 | FERMENTADOS - GARR | MÁQUINA DE ENVASE | MAL SELAGEM E | 13:24 | 14:20 | 00:56 | | | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).

Figura C.3 – Cálculo MTTR – parte 3

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|---------------------|-------------------|----------------|-------|-------|-------|----------|----------|--------------------|---|--|
| 53997 | 07/01/2024 | FERMENTADOS - GARR | ENVASADORA | GARRAFAS MAL | 05:10 | 07:05 | 01:55 | | | | | |
| 54101 | 15/02/2024 | FERMENTADOS - IOGU | FORMSEAL | PERDENDO TEM | 11:55 | 12:05 | 00:10 | 07:52:00 | 00:42:55 | Envasadora Bandeja | Z | |
| 54120 | 20/02/2024 | FERMENTADOS - IOGU | FORMSEAL | MÁQUINA EMBU | 06:05 | 07:27 | 01:22 | | | | | |
| 53300 | 02/03/2024 | FERMENTADOS - IOGU | FORMSEAL | MAQUINA DESA | 05:35 | 06:35 | 01:00 | | | | | |
| 54207 | 07/03/2024 | FERMENTADOS - IOGU | CORTE | CONVERTER O S | 22:20 | 22:35 | 00:15 | | | | | |
| 53328 | 07/03/2024 | FERMENTADOS - IOGU | PLACA DE AQUECIME | FIO DO CONJUN | 09:57 | 10:20 | 00:23 | | | | | |
| 54265 | 16/03/2024 | FERMENTADOS - IOGU | BICO DOSADORES | PARAFUSOS COM | 16:55 | 19:00 | 02:05 | | | | | |
| 54217 | 17/03/2024 | FERMENTADOS - IOGU | FOTOCELULA | PROBLEMA NA F | 17:15 | 17:30 | 00:15 | | | | | |
| 54063 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - IOGU | FITEIRO BANDEJA | PAROU DE FUNC | 11:26 | 13:17 | 01:51 | | | | | |
| 54215 | 09/03/2024 | FERMENTADOS - IOGU | TERMOPAR SELAGEM | FIO ARREBENTO | 10:00 | 10:11 | 00:11 | | | | | |
| 54257 | 14/03/2024 | FERMENTADOS - IOGU | CORTE | REALIZAR O SET | 22:15 | 22:30 | 00:15 | | | | | |
| 53934 | 23/01/2024 | FERMENTADOS | FORMSIVEL | PLACA DE AQUE | 05:02 | 05:07 | 00:05 | | | | | |
| 54058 | 09/02/2024 | FERMENTADOS - IOGU | DATADORA | DOMINO DATA | 05:45 | 05:52 | 00:07 | 00:07 | 00:07 | Envasadora Bandeja | Z | |
| 54132 | 21/02/2024 | TRIBLENDER | CONTROLADOR PAIN | TROCA DO CONT | 16:35 | 17:30 | 00:55 | 03:18:00 | 00:33:00 | Triblender | Z | |
| 54012 | 02/02/2024 | TRIBLENDER | MISTURADOR DE PÓ | EQUIPAMENTO | 18:30 | 18:45 | 00:15 | | | | | |
| 54011 | 02/02/2024 | TRIBLENDER | MISTURADOR DE PÓ | EQUIPAMENTO | 14:37 | 14:50 | 00:13 | | | | | |
| 53913 | 16/01/2024 | FERMENTADOS - PESAD | TRIBLENDER | PEÇA ACIMA DO | 16:20 | 17:00 | 00:40 | | | | | |
| 54206 | 07/03/2024 | FERMENTADOS | TRIBLENDER | PAINEL QUE IND | 10:50 | 11:50 | 01:00 | | | | | |
| 54285 | 20/03/2024 | FERMENTADOS | TRIBLENDER | TRIBLENDER TR | 22:50 | 23:05 | 00:15 | | | | | |
| 53918 | 19/01/2024 | FERMENTADOS - FABR | MATURADOR 05 | POTENCIOMETR | 06:00 | 06:30 | 00:30 | 00:30 | 00:30 | Maturador 05 | Z | |
| 54159 | 23/02/2024 | FERMENTADOS - FABR | MATURADOR 13 | NÃO LIGA | 23:00 | 23:15 | 00:15 | 00:15 | 00:15 | Maturador 13 | Z | |
| 54289 | 21/03/2024 | FERMENTADOS - FABR | MATURADOR 04 | BOMBA DO MAT | 16:40 | 17:00 | 00:20 | 00:20 | 00:20 | Maturador 04 | Z | |
| 53329 | 09/03/2024 | FERMENTADOS - IOGU | MATURADOR 08 | BOMBA NETZSC | 05:42 | 06:06 | 00:24 | 00:24 | 00:24 | Maturador 08 | Z | |
| 53878 | 11/01/2024 | FERMENTADOS | BOMBA MATURADOR | DURANTE A PAS | 10:00 | 11:00 | 01:00 | 01:00 | 01:00 | Bomba Maturador 11 | Y | |
| 54009 | 27/03/2024 | FERMENTADOS | BOMBA MATURADOR | CABO SEM A CAF | 14:30 | 15:10 | 00:40 | 00:40 | 00:40 | Bomba Maturador 10 | Z | |
| 54167 | 27/02/2024 | FERMENTADOS | BOMBA NETZSCH | BOMBA MATUR | 09:50 | 10:47 | 00:57 | 00:57 | 00:57 | Bomba Maturador 15 | Z | |
| 53814 | 03/01/2024 | FERMENTADOS - GARR | BOMBA MATURADOR | BOMBA DO MAT | 12:55 | 13:05 | 00:10 | 00:24:00 | 00:12:00 | Bomba Maturador 07 | Z | |
| 53815 | 03/01/2024 | FERMENTADOS - IOGU | BOMBA | CONEXÃO BOME | 13:14 | 13:28 | 00:14 | | | | | |

Fonte: elaborada pela autora (2024).