

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GABRIEL HENNING DO AMARAL

**MELHORIA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE RAÇÃO PARA
BOVINOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE NUTRIÇÃO
ANIMAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2016

GABRIEL HENNING DO AMARAL

**MELHORIA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE RAÇÃO PARA
BOVINOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE NUTRIÇÃO
ANIMAL**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Me. Osvaldo Verussa Junior

CURITIBA

2016

TERMO DE ENCAMINHAMENTO

Venho por meio deste termo, encaminhar para apresentação a monografia do Projeto de Pesquisa "MELHORIA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE RAÇÃO PARA BOVINOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE NUTRIÇÃO ANIMAL", realizado pelo aluno Gabriel Henning do Amaral, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Osvaldo Verussa Junior
UTFPR - Damec

Curitiba, 02 de junho de 2016.

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa “MELHORIA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE RAÇÃO PARA BOVINOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE NUTRIÇÃO ANIMAL”, realizada pelo aluno Gabriel Henning do Amaral, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Tcc2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Me. Osvaldo Verussa Junior
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Orientador

Prof. Esp. João Mário Fernandes
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Avaliador

Prof. Dr. Paulo Reaes
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 17 de junho de 2016.

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso (ou Programa)

DEDICATÓRIA

A meus pais, irmã e toda minha família pelo amor, carinho e apoio fundamentais para concluir esta etapa de minha formação.

AGRADECIMENTOS

Ao Marcos, pela apresentação da oportunidade de projeto e auxílio no desenvolvimento; à Novanis, pela abertura para sua realização; e, ao Professor Verussa, pela orientação e conselhos.

RESUMO

AMARAL, Gabriel H. do. **Melhoria da Linha de Produção de Ração para Bovinos: Estudo de Caso em uma Empresa de Nutrição Animal**. 2016. 89 p. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

Muitos fatores limitantes influenciam negativamente os índices de produtividade das empresas. Entretanto, a tarefa de identificar quais são as causas que originam performances abaixo das esperadas nem sempre é simples. Uma alternativa é abordar um dos aspectos do sistema produtivo e avaliar qual é a sua influência no resultado da produção. Neste projeto, foi realizado um estudo de caso em uma empresa fabricante de ração para bovinos que tem obtido um índice de capacidade produtiva 25% abaixo do esperado para a linha de produção. Muitos aspectos podem afetar este resultado. Contudo, o objetivo foi melhorar a produtividade da linha de fabricação de ração através da análise dos equipamentos utilizados no processo produtivo. Com base nas especificações da configuração atual do maquinário, coletadas na fábrica, e nas características dos produtos principais da empresa, definidos através do Princípio de Pareto, foi possível determinar as capacidades de operação de todos os equipamentos. Esta característica serviu de base para a aplicação das ferramentas da Teoria das Restrições para investigar e minimizar o principal gargalo presente no sistema produtivo. Como resultado, foi possível determinar uma proposta de alteração de equipamentos que proporciona um aumento de 11% no índice de produção horária de ração.

Palavras-chave: Aumento de Produtividade. Equipamentos. Teoria das Restrições.

ABSTRACT

AMARAL, Gabriel H. do. **Melhoria da Linha de Produção de Ração para Bovinos: Estudo de Caso em uma Empresa de Nutrição Animal**. 2016. 89 p. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

Many limiting factors negatively influence the productivity of companies. However, identifying the causes that originate a performance below expected is not a simple task. An option is to approach one of the aspects of the productive system and evaluate its influence on the outcome of the production. In this project, a case study was conducted on a feed manufacturer for cattle that has gotten a capacity index 25% lower than expected on the production line. Many aspects can affect this result. Nonetheless, the goal was to improve the productivity of the feed manufacturing line through the analysis of equipment used in the production process. Based on the specifications of the current machinery configuration, collected at the plant, and the characteristics of the main products of the company, defined by the Pareto's Principle, it was possible to define the equipment operating capacity. This feature was the basis for the application of the Theory of Constraints to investigate and minimize the main bottleneck in this production system. As a result, it was possible to determine a proposal equipment change that provides an 11% increase in the hourly production rate of feed.

Keywords: Increasing Productivity. Equipment. Theory of Constraints.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fluxograma 1 - Fluxo da linha de produção de rações em estudo.....	25
Fluxograma 2 - Sequência da linha de produção de ração.	30
Fluxograma 3 - Metodologia de execução do projeto.....	47
Fluxograma 4 - Os cinco passos da TOC.....	48
Fluxograma 5 - Etapas de produção para avaliação de gargalos.	62
Gráfico 1 - Projeções para a Carne Bovina.	16
Gráfico 2 - Distribuição do volume de produção por produto.	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da localização de Rondonópolis.....	18
Figura 2 - Novanis, unidade fabril matriz.....	18
Figura 3 - Recebimento de material.	26
Figura 4 - Perspectiva da Linha de Produção de Ração.	28
Figura 5 - Estrutura interna de moega.....	32
Figura 6 - Tipos de fundos de silos horizontais.	33
Figura 7 - Exemplo de silo tipo tulha.	34
Figura 8 - Representação de moinho de martelos.	35
Figura 9 - Croqui do conceito da balança.....	36
Figura 10 - Esquema de funcionamento do misturador horizontal helicoidal.	38
Figura 11 - Exemplo de rosca transportadora helicoidal.	39
Figura 12 - Elevador de canecas centrífugo.....	41
Figura 13 - Motor elétrico e placa de identificação.	52
Figura 14 - Redutor de velocidades.	53
Figura 15 - Representação das dimensões da RTH.	54
Figura 16 - Detalhes do elevador de canecas.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificação de componentes da linha de produção.	28
Tabela 2 - Capacidade Volumétrica do Equipamentos.	55
Tabela 3 - Determinação da Capacidade Produtiva.	58
Tabela 4 - Alternativas para aumento da capacidade produtiva do misturador.	65
Tabela 5 – Trecho de Documento de Orientação para Troca de Componentes.	68
Tabela 6 - Alternativas para Aumento de Produtividade.	69
Tabela 7 - Custo dos Equipamentos.	70

LISTA DE SIGLAS

ACIR – Associação Comercial, Industrial e Empresarial de Rondonópolis.

BPF – Boas Práticas de Fabricação.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola de Agricultura da Universidade de São Paulo.

EC – Elevador de Canecas.

FMEA – Análise do Tipo e Efeito de Falha

IN – Instrução Normativa.

LP – Linha de Produção.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

MP – Matéria-prima.

PIB – Produto Interno Bruto.

PM – Premix.

PP – Projeto de Pesquisa.

PPP – Proposta de Projeto de Pesquisa.

RTH – Rosca Transportadora Helicoidal.

SP – Situação-Problema.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	O Contexto da Pecuária no Agronegócio Brasileiro	15
1.2	A Empresa	17
1.3	Caracterização do Problema	19
1.4	Objetivos	21
1.4.1	Objetivo Geral	21
1.4.2	Objetivos Específicos	21
1.5	Justificativa	22
2	Fundamentação Teórica	24
2.1	Sistemas para Fabricação de Ração	24
2.2	Linha de Produção de Ração Novanis	25
2.3	Componentes do Sistema de Produção	31
2.3.1	Moega	31
2.3.2	Silos	32
2.3.3	Moinho	34
2.3.4	Balança	36
2.3.5	Misturador	37
2.3.6	Rosca Transportadora	38
2.3.7	Elevador de Canecas	39
2.4	Princípio de Pareto	41
2.5	Teoria das Restrições	42
2.6	Organização da Produção	43
2.7	Manutenção	44
3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	46
3.1	Descrição da Metodologia	46
3.2	Justificativa da Metodologia	49
4	ANÁLISE DA LINHA DE PRODUÇÃO	51
4.1	Conferência dos Equipamentos da Linha de Produção	51
4.1.1	Acionamento	52
4.1.2	Equipamentos	54
4.2	Identificação dos Produtos Principais	56
4.3	Avaliação dos Gargalos de Produção	58
4.4	Sugestões de Melhorias e Melhores Práticas	63
5	RESULTADOS	67
6	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICE A – DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE PROJETO DA LINHA DE PRODUÇÃO	78
	APÊNDICE B – DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA REAL DA LINHA DE PRODUÇÃO	84

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o projeto de pesquisa (PP) que pretende melhorar a produtividade da linha de produção (LP) de ração para bovinos de uma empresa de nutrição animal localizada em Rondonópolis, no estado do Mato Grosso.

Nas seções seguintes deste capítulo serão apresentados os fatores que retratam a pecuária como importante setor da economia nacional e como o estudo de elementos que aumentam a produtividade deste setor podem contribuir para o crescimento econômico local e, conseqüentemente, nacional, devido à importância desta atividade econômica perante o cenário econômico do país.

Em seguida, no segundo capítulo, serão apresentados o sistema empregado para a fabricação de ração, os equipamentos utilizados, os métodos de organização da produção e os fundamentos teóricos que embasam sua utilização para fabricação de suplementos de nutrição animal, bem como os conceitos em que o processo produtivo da ração se baseia. Compõe também este capítulo as apresentações de conceitos chave para a análise da linha de produção, como, por exemplo, a Teoria das Restrições.

O terceiro capítulo retrata a metodologia adotada na execução do projeto de pesquisa ao discorrer sobre a estratégia escolhida para análise da linha de produção, bem como sua avaliação e a maneira com que se encaminha a solução para o problema.

Na sequência, o capítulo seguinte descreve como o projeto se desenvolveu, relacionando os desdobramentos práticos da metodologia assumida e indicando importantes questões quanto ao desenvolvimento do projeto, inclusive com uma breve análise de riscos potenciais aos quais este trabalho está suscetível, apresentados na proposta deste projeto.

O quinto capítulo traz a discussão sobre os resultados obtidos em confronto ao que se era esperado na proposta de projeto de pesquisa (PPP). Estes resultados estão presentes também no capítulo seguinte, onde serão avaliados e acompanhados de recomendações para trabalhos futuros através de oportunidades identificadas neste PP.

1.1 O Contexto da Pecuária no Agronegócio Brasileiro

O agronegócio é o setor mais competitivo da economia nacional, correspondendo a aproximadamente 24,5% do produto interno bruto (PIB) brasileiro durante os últimos 20 anos (CEPEA, 2015). Ele é composto por todas as atividades econômicas relacionadas a agricultura e pecuária, incluindo produção, industrialização e comercialização. Como importante parcela deste setor, somente a pecuária responde por 7% do PIB nacional e obteve um faturamento em torno de R\$ 350 bilhões no ano de 2013, dos quais 28% correspondem à indústria do ramo (CEPEA, 2015).

A região brasileira que se destaca na pecuária nacional é a Centro-oeste, com 37% do rebanho bovino nacional, um importante componente do nosso mercado de exportação (MAPA, 2015). O clima da região é caracterizado por temperaturas elevadas e regime de chuvas escassas durante os meses de abril a setembro, mas constantes no restante do ano (AMBIENTE BRASIL, 2015). Esta característica, aliada ao relevo composto por planaltos e planícies, favorecem a produção pecuária nessa região e impulsionaram seu estabelecimento como atividade econômica.

A seca enfrentada entre os meses de abril a setembro interfere diretamente na produção de gado pois nessa época a escassez de pastos acentua-se e sua qualidade nutricional se deteriora. Embora ainda afetem os resultados do setor, os danos causados pela seca puderam ser em grande parte superados com a evolução tecnológica da nutrição animal. Assim, a produção de ração e suplementos auxilia os produtores a manterem suas criações nos períodos de estiagem e a melhorar a qualidade da carne e do leite com o complemento da alimentação dos animais nos períodos de chuva.

De acordo com as Projeções do Agronegócio Brasileiro, realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2015), a produção de carne bovina na próxima década tem um crescimento projetado de 2,1% ao ano, o que será suficiente para atender ao mercado interno e à demanda de exportação. Assim, é esperado para o ano de 2025 um aumento na produção de 23,3% em relação ao ano de 2015 (MAPA, 2015). As projeções também indicam uma taxa de crescimento anual média nas exportações deste produto nos próximos 10 anos de 3,3%, o que representa uma

variação de 37,4% em relação ao volume exportado em 2015 (MAPA, 2015). As previsões de crescimentos na produção e exportação da carne estão representadas no Gráfico 1, assim como seus respectivos volumes (em mil toneladas) para cada ano da próxima década.

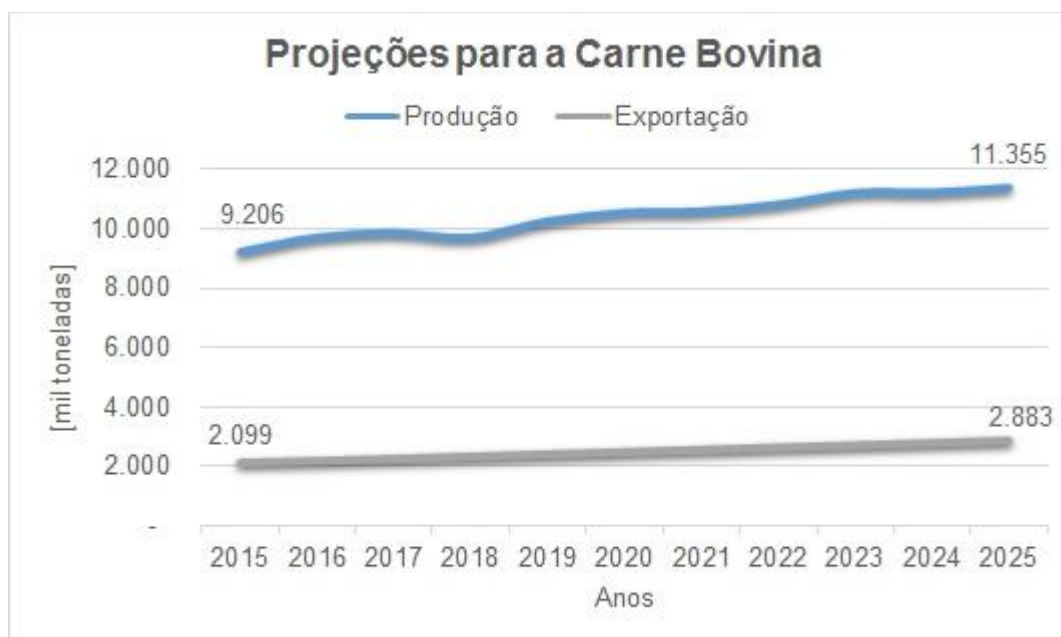


Gráfico 1 - Projeções para a Carne Bovina.
Fonte: Adaptado de MAPA (2015).

A nutrição animal é de extrema importância para a manutenção da produtividade pecuária do país. A fim de melhorar a qualidade da alimentação animal, o MAPA passou a exigir a adoção das Boas Práticas de Fabricação (BPF) pela indústria de nutrição animal através da Instrução Normativa (IN) nº 01/2003, posteriormente substituída pela Instrução Normativa nº 04/2007, que estabeleceu o Regulamento Técnico sobre Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Fabricantes de Produtos Destinados à Alimentação Animal. Segundo o documento, o objetivo deste regulamento é “definir os procedimentos básicos de higiene e de boas práticas de fabricação para alimentos fabricados e industrializados para o consumo dos animais” (MAPA, 2007).

De acordo com a IN 04/2007, BPF são definidas como “procedimentos higiênicos, sanitários e operacionais aplicados em todo o fluxo de produção, desde a obtenção dos ingredientes e matérias-primas até a distribuição do produto final, com o objetivo de garantir a qualidade, conformidade e segurança dos produtos destinados

à alimentação animal” (MAPA, 2007). Desta forma, são determinados os requisitos higiênicos, sanitários e operacionais para instalações, equipamentos, utensílios, pessoal e produção, além de orientações para estabelecimento de procedimentos operacionais e sua documentação e registro.

Ao se enquadrar nas determinações de BPF, os fabricantes de alimentos para animais se tornam capacitados a receber certificações necessárias para atuarem na cadeia produtiva de carne bovina. Para tanto, devem se adequar aos requisitos do regulamento e seus desdobramentos, que no âmbito industrial, significam estabelecer processos que busquem extinguir a contaminação de produtos e minimizar perdas na produção, além de procedimentos de manutenção e operação que proporcionem o melhor funcionamento das linhas de produção. A adoção destas regras foi fundamental para promover um avanço significativo na qualidade e produtividade dos produtos destinados à alimentação animal, o que levou o Brasil ao patamar de terceiro maior produtor de rações no mundo em 2013 (MAPA, 2013).

1.2 A Empresa

A empresa de tecnologia animal Novanis apresenta a situação-problema (SP) base para este projeto. Fundada em 2000, seu foco é a nutrição de bovinos de corte nos diversos sistemas de produção, como o confinamento e a recria, por exemplo. Após mais de 15 anos de operação, localiza-se entre as 10 maiores empresas nacionais de nutrição animal, com destaque para o segmento de nutrição intensiva, atendendo mais de 30% dos animais confinados no estado do Mato Grosso (NOVANIS, 2015).

O volume de produção atual de aproximadamente 750 toneladas por dia coloca a empresa entre as maiores em capacidade produtiva nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, que respondem por 27,5% da produção de carnes no Brasil (MAPA, 2015). Este volume é produzido por três unidades fabris próprias localizadas nas cidades de Rondonópolis (matriz e primeira unidade fabril, com localização

geográfica indicada pela Figura 1), Água Boa e Campo Novo dos Parecis, no Mato Grosso, e duas unidades fabris terceirizadas no Mato Grosso do Sul.



Figura 1 - Mapa da localização de Rondonópolis.
Fonte: G1 Brasil (G1 BRASIL, 2011).

Este trabalho será desenvolvido na unidade fabril matriz, em Rondonópolis, cujas instalações podem ser observadas na Figura 2.



Figura 2 - Novanis, unidade fabril matriz.
Fonte: Google Maps (2012).

1.3 Caracterização do Problema

A indústria de nutrição animal nacional, embora tenha certa maturidade, ainda apresenta grandes oportunidades de melhoria em diversos aspectos. Por se tratar de uma indústria que utiliza um processo relativamente simples, majoritariamente envolvendo dosagem e mistura de matéria-prima (MP), ocorrem grandes perdas durante o processo produtivo.

Os equipamentos são provenientes de fornecedores nacionais com anos de experiência de mercado, mas que pecam pelo conservadorismo na hora de atender as demandas específicas de cada cliente. Desta forma, soluções fabris que apresentam boa funcionalidade são replicadas para novos clientes, sem muitas alterações baseadas nas especificidades de cada projeto e da matéria-prima utilizada. Como consequência, a perda de material durante o processo é significativa e a produtividade fica prejudicada.

O dimensionamento dos equipamentos cobre as necessidades gerais do processo. Porém, este tipo de fábrica, devido as constantes inovações e modificações de portfólio, utiliza uma gama de matérias-primas que não foram consideradas no projeto original, o que faz com que a linha de produção trabalhe corretamente para um tipo de produto, mas apresente deficiências e problemas para outros.

Estas especificidades do processo produtivo foram observadas durante visitas à fábrica. O cotidiano da produção foi acompanhado em dois momentos, que totalizaram oito dias, onde foi possível não só coletar as informações necessárias para o desenvolvimento deste PP, mas também vivenciar características operacionais da linha de produção que interferem em seu resultado. Um bom exemplo para elucidar esta questão é o processo de moagem: o mesmo moinho trabalha com grãos de milho e farelo de soja; com a ausência de adaptações na entrada de material para cada um dos produtos e considerando suas diferentes características de fluidez ao se movimentar, caso o dosador de entrada do moinho opere da mesma forma nas duas situações, haverá mais volume de farelo de soja entrando, o que pode travar sua operação, superaquecer o equipamento e até incendiar o farelo.

Outro aspecto importante é a relevante carência de mão-de-obra qualificada para a área industrial da região onde a empresa se encontra. Sobretudo, a ausência

de engenheiros e técnicos especializados, o que acarreta dificuldades para a operação das plantas. A cidade de Rondonópolis começou seu desenvolvimento econômico na década de 70 e hoje possui um complexo industrial de destaque no estado, com um PIB de R\$ 2 bilhões no ano de 2013, empregando cerca de 40.000 pessoas (ACIR, 2014). Porém, conta apenas com pouco mais de 1000 alunos de nível técnico, para todos os setores, e somente cinco cursos de engenharia para atender grandes corporações como Cervejaria Petrópolis, Bunge Alimentos, TDM Têxtil, ADM e outras de menor porte, que totalizam aproximadamente 500 empresas que necessitam desta mão-de-obra relacionada ao setor industrial (ACIR, 2014).

A sazonalidade do mercado também merece destaque, pois, guiada pelo clima, a maior demanda pela produção de rações e suplementos acontece durante o período da seca. Durante estes meses, a fábrica pode precisar operar a toda capacidade e em dois turnos, durante todos os sete dias da semana. Já na época de chuvas, apenas um turno de produção trabalhando de segunda-feira a sexta-feira é suficiente para suprir as necessidades dos clientes.

A ausência de mão-de-obra especializada, aliada aos equipamentos utilizados e à sazonalidade do mercado, resultam em dificuldades operacionais para a fabricação dos produtos. Como resultado, uma das áreas cruciais para o funcionamento da linha de produção mais afetadas é a manutenção e sua deficiência influencia diretamente e negativamente a produtividade da empresa. Historicamente, este setor não tem sido capaz de aplicar procedimentos adequados para a manutenção dos equipamentos. Planos de manutenção já foram testados pela empresa sem sucesso, principalmente pela ausência da visão por parte dos envolvidos no dia-a-dia do chão de fábrica sobre a importância de se zelar pela qualidade da operação da linha de produção.

Soluções de times internos de manutenção e terceirização desta atividade já foram testados, mas a carência de mão-de-obra qualificada foi decisiva para o insucesso desta área. A sazonalidade do mercado também é um importante fator restritivo visto que, devido à falta de manutenção, os equipamentos estão mais suscetíveis a falhas justamente no período de maior exigência de funcionamento. Assim, historicamente, as intervenções realizadas têm sido apenas corretivas e emergenciais, proporcionando soluções provisórias para as falhas ocorridas. Isto afeta, principalmente, a substituição de peças e componentes, que é feita incorretamente devido a necessidade de continuidade da produção e, pelo mesmo

motivo, costuma-se não haver correção posterior. Como consequência, acontece a descaracterização do maquinário em relação ao projeto da linha de produção.

Os aspectos limitantes à correta operação da fábrica acima citados influenciam negativamente a operação da linha e resultam na redução da capacidade produtiva. De acordo com o projeto original da linha de produção de ração da unidade matriz da empresa, sua capacidade produtiva nominal é de 20 toneladas por hora. No entanto, esta unidade fabril tem sido capaz de produzir apenas 15 toneladas por hora, aproximadamente, de acordo com os dados relatados pela empresa.

Portanto, o problema enfrentado pela fábrica é a redução de 25% da sua capacidade de produção de ração. A partir deste fato, encontrou-se a oportunidade de realização deste projeto para melhoria das condições da linha de produção em busca do aumento de sua produtividade através da avaliação dos equipamentos utilizados no processo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Tendo em vista o problema enfrentado pela empresa apresentado na seção anterior, o objetivo principal deste projeto é melhorar a produtividade da linha de ração para bovinos através do aumento do índice de produção de toneladas de produto por hora, de modo que a linha de produção opere próxima a sua capacidade nominal original.

1.4.2 Objetivos Específicos

O aumento de performance pretendido se dará através da análise de pontos chave que podem contribuir para que a linha de produção opere próxima de sua

capacidade produtiva. Estes pontos serão caracterizados como os objetivos específicos deste trabalho e estão listados abaixo.

- Conferência dos equipamentos empregados na linha de produção atualmente com os especificados em seu projeto original.
- Identificação de produtos principais entre o *mix* de produção para embasar a análise da linha de produção.
- Avaliação dos gargalos de produção e redimensionamento de seus componentes.
- Sugestões de melhorias e melhores práticas para equipamentos, processo produtivo e layout de equipamentos.

1.5 Justificativa

A opção de desenvolver este projeto ocorreu devido a alguns pontos principais. Este trabalho representou uma boa oportunidade de aprendizado e desenvolvimento do autor ao solicitar conhecimentos das áreas de projeto, manutenção e gestão da produção, que são de seu interesse pessoal. Assim, conceitos destes campos foram estudados e aplicados com a finalidade de melhorar a produtividade da linha de produção da empresa, que se beneficiará não apenas pelo ganho produtivo, mas também com seus desdobramentos para melhoria das condições gerais de produção e da manutenção dos equipamentos necessárias para manter os requisitos de BPF.

A redução no índice que mede a quantia de ração produzida por hora é um problema enfrentado pela empresa atualmente. A necessidade de melhorias na linha de produção está acompanhada de diversas dificuldades encontradas pela companhia, dentre as quais podemos destacar a indisponibilidade de pessoal para executar um estudo da natureza deste projeto. As atribuições dos colaboradores e o volume de trabalho impossibilitam destacar pessoal capacitado para conduzir tal pesquisa sem que haja sobrecarga de trabalho.

Um dos aspectos que podem impactar diretamente os índices de produção é a situação dos equipamentos e suas configurações. Avaliar suas condições, bem como seu correto dimensionamento e disposição, pode resultar em ações que auxiliem

positivamente a melhoria das condições da linha e sua produtividade. Assim, a oportunidade de conduzir uma avaliação dos equipamentos surgiu como uma atividade que beneficiará a empresa e o autor.

Desta forma, surgiu um acordo para realização deste projeto com o objetivo de buscar melhorar as condições da fabricação de rações para a empresa e servir como trabalho de conclusão de curso do autor. Vale ressaltar que, para maior eficácia da atividade, foi disponibilizado o amplo acesso à documentação e instalações da companhia.

Por fim, a oportunidade de melhorar as condições de produção da fábrica não acarreta apenas os benefícios diretos para a empresa, mas contribui também para melhorias na cadeia produtiva deste importante setor econômico, justamente na região do país que apresenta maior relevância nesta atividade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os elementos envolvidos no processo produtivo em estudo serão descritos neste capítulo. Como o foco deste trabalho está nos equipamentos empregados na fabricação de ração animal, as seções seguintes apresentarão de maneira sucinta os conceitos sobre sistemas para fabricação de ração, descrição do processo de fabricação utilizado pela empresa, a configuração e descrição dos equipamentos principais presentes na linha de produção e métodos de organização da produção que orientam a atividade produtiva em unidades fabris deste ramo.

Também serão apresentados outros conceitos, tais como, Princípio de Pareto, Teoria das Restrições, Organização da Produção e Manutenção Industrial, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

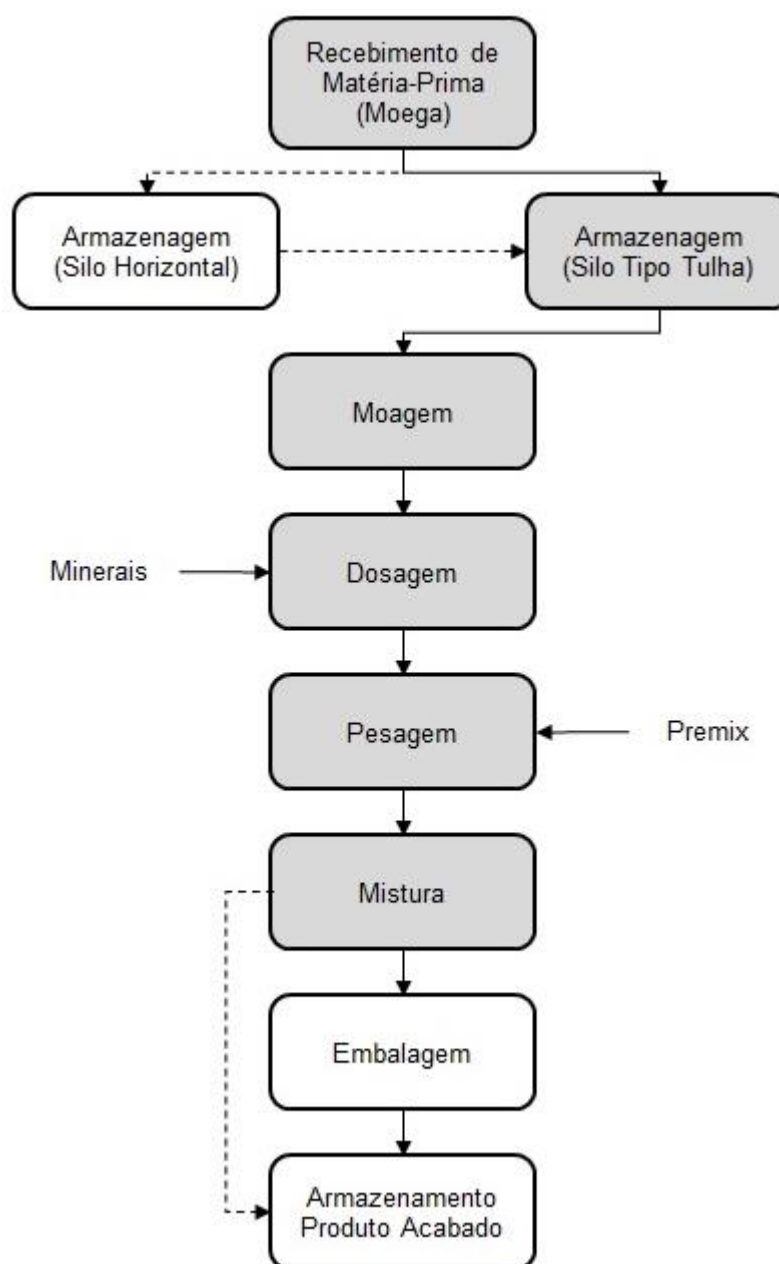
2.1 Sistemas para Fabricação de Ração

Além de conhecimento a respeito do processo de fabricação de rações, é necessário que a empresa disposta a realizar esta atividade possua uma estrutura adequada. Algumas necessidades relevantes para a prática produtiva de alimentos para animais, em relação a infraestrutura são (BELLAYER; MAZZUCO, 2015):

- Espaço útil para estocagem de matéria-prima através de silos graneleiros;
- Balança com capacidade de pesagem reduzida para ingredientes de pequena participação na formulação (vitaminas, minerais, aditivos, por exemplo)
- Balança com grande capacidade, para pesagem de insumos e produtos;
- Moinho de martelos com capacidade adequado à trituração de grãos e farelos;
- Misturador de ração horizontal ou vertical, com capacidade de acordo com a necessidade da produção;
- Roscas sem-fim para transporte de materiais a granel.

2.2 Linha de Produção de Ração Novanis

O sistema produtivo aplicado pela empresa está de acordo com os conceitos apresentados na seção anterior. No Fluxograma 1, podemos observar o sequenciamento da produção de ração.



Fluxograma 1 - Fluxo da linha de produção de rações em estudo.
Fonte: Autoria própria.

A cadeia produtiva da fábrica inicia-se com o recebimento da matéria-prima base para as formulações de ração: grãos e farelos. Este material é transportado por caminhões e recebido através de moega, que o guiará para uma rosca transportadora helicoidal (RTH). A RTH fará a movimentação até um elevador de canecas (EC), que elevará a matéria-prima até outra RTH, através da qual será movida para o silo graneleiro (quando o volume for grande e destinado a estocagem) ou para o silo tipo tulha (armazenamento em menor quantidade, início da linha de produção). O estoque armazenado no silo graneleiro também segue para o silo tulha quando for ser utilizado no processo. Estes equipamentos estão ilustrado na Figura 3.

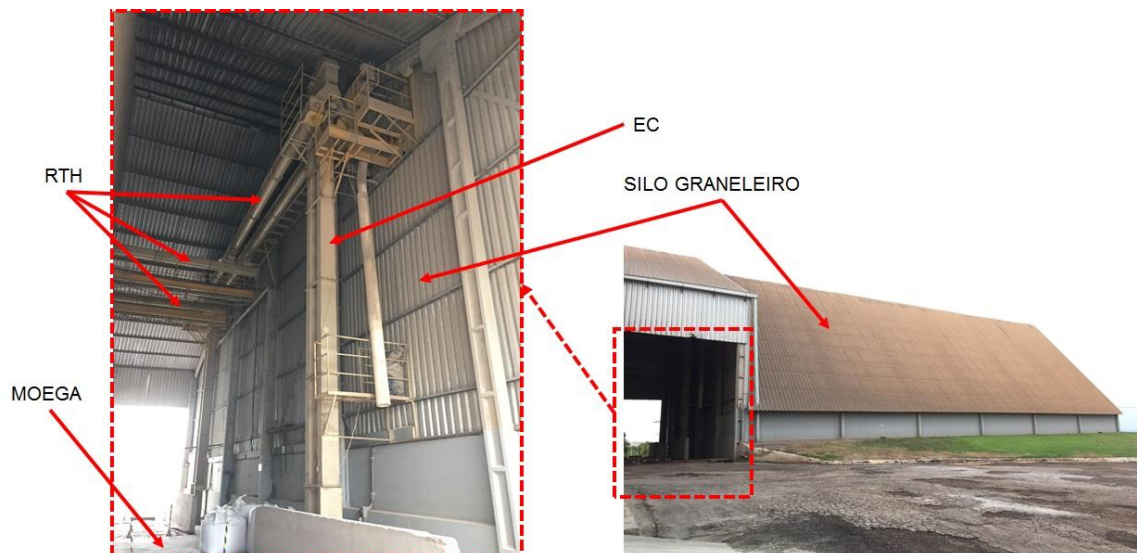


Figura 3 - Recebimento de material.
Fonte: Autoria própria.

Ao deixar o silo tulha, o material segue por RTH, é elevado por EC e direcionado à moagem. Nesta etapa, há um pulmão (silo tulha) que acumula materiais para, em seguida, serem fragmentados por moinho de martelos e descarregados em RTH. Após, e novamente através de EC, o farelo é elevado a RTHs que distribuirão o material por meio da tubulação de 200 milímetros de diâmetro para alimentação das caixas de dosagem (silos tipo tulha onde o material ficará armazenado antes de ser transferido à balança).

Na fase de dosagem são adicionados outros macro nutrientes, como minerais, que são provenientes de outras linhas. Os componentes de maior proporção na ração,

submetidos a esta etapa, descem pelos tubos por gravidade e seguem para a balança, movidos por roscas helicoidais dosadoras (RD).

Os micronutrientes, de extrema importância na formulação da ração, são misturados nas proporções corretas em uma linha de produção própria. O produto desta linha é um composto chamado *premix* (PM), que segue para a balança da linha de produção de ração com uma composição proporcional a massa total que a balança comporta, e é adicionado a ela manualmente.

Todos os nutrientes que compõe a fórmula do produto, em sua proporção em massa de acordo com a capacidade de medição da balança, estão neste estágio reunidos para ter sua massa total aferida. Caso esta medida esteja próxima a capacidade máxima da balança (para o processo de produção em análise, duas toneladas), respeitada a tolerância de medição, sua base se abre e toda a composição escoar, devido à gravidade, para um recipiente de armazenamento pulmão. A base da balança então se fecha e é dado início a nova pesagem.

Os elementos presentes no pulmão seguirão, por RTH e EC, para o misturador, que atuará durante alguns minutos para homogeneizar a mistura. Na entrada do misturador, passam por uma peneira rotativa (estrutura metálica de forma cilíndrica) para evitar que corpos estranhos estejam inseridos no material misturado. Após deixar o misturador, a ração segue para um pulmão de armazenamento intermediário.

O maquinário empregado na realização das etapas supracitadas pode ser observado na Figura 4, que apresenta uma vista ampla da disposição dos equipamentos na linha de produção.

A ração depositada no pulmão pós-mistura está pronta e poderá seguir para a etapa de embalagem. Este é o último estágio do processo produtivo, pois, na sequência as embalagens contendo o produto acabado serão conduzidas para armazenamento ou carregamento em veículos para comercialização. Existe também a variante de processo que não inclui esta última etapa. Neste caso, o produto deixa o misturador e segue direto para carregamento a granel.

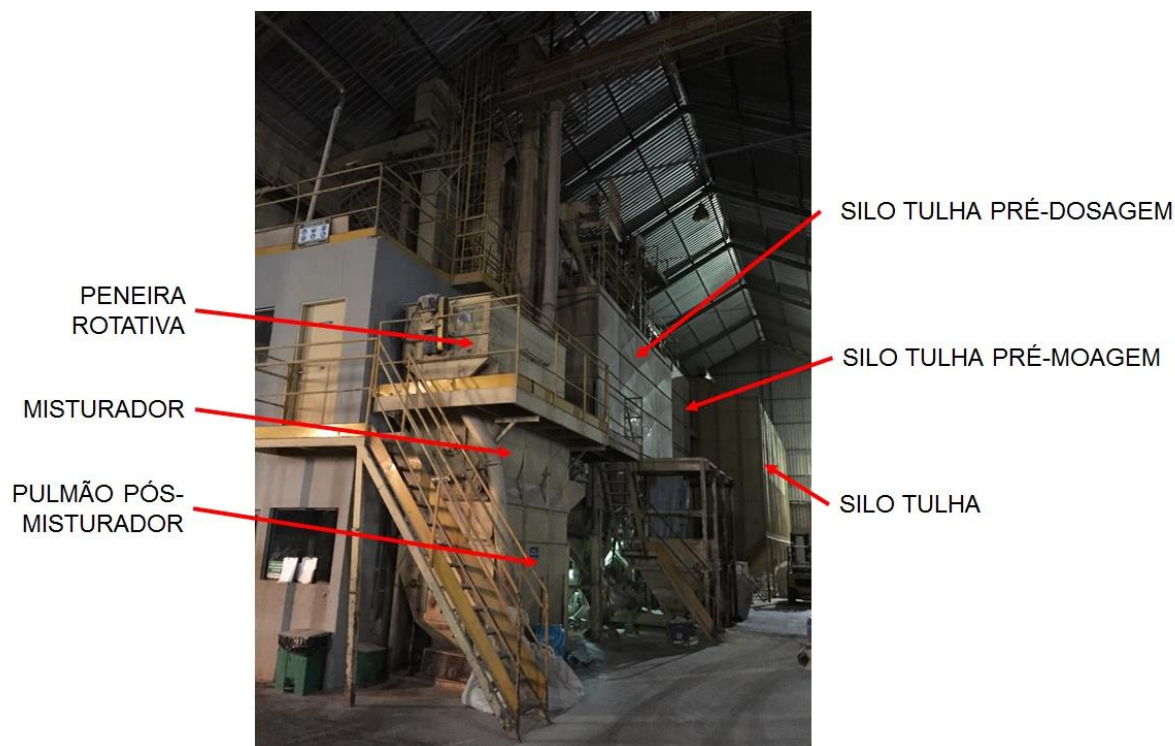


Figura 4 - Perspectiva da Linha de Produção de Ração.

Fonte: Autoria própria.

A cadeia produtiva descrita nos parágrafos anteriores está resumida no Fluxograma 2. Devemos salientar que esta ilustração, bem como o texto acima, apresentam a linha de produção de forma resumida. Para entregar o grande volume de produção demandado, a linha possui grandes proporções. Para maior clareza quanto ao porte do processo produtivo envolvido neste projeto, os componentes da linha estão descritos na Tabela 1.

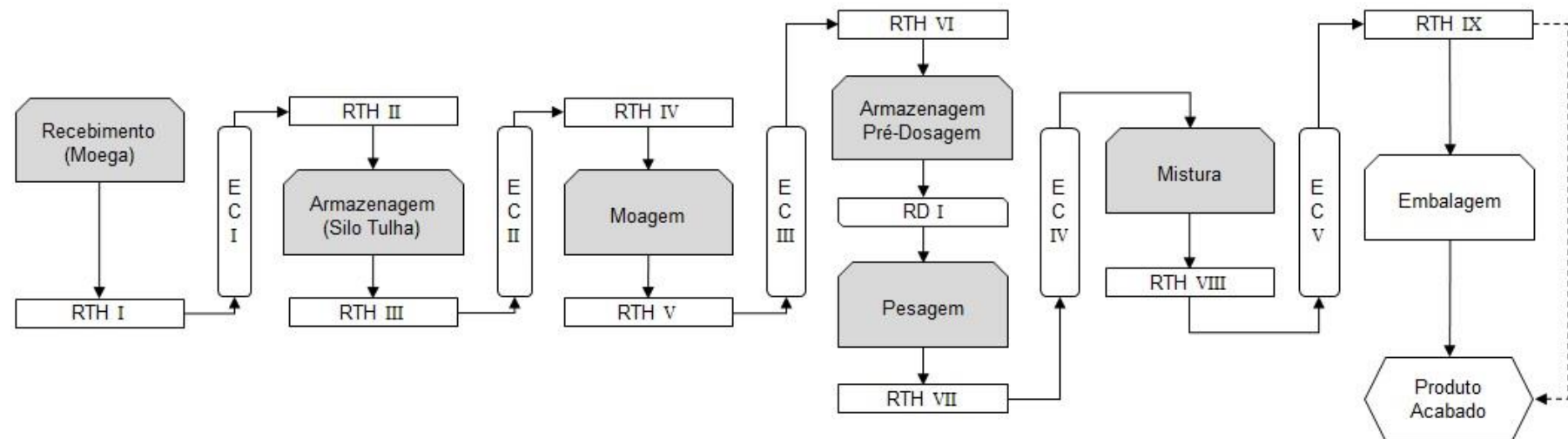
Tabela 1 - Especificação de componentes da linha de produção.

Etapa	Item	Equipamento	Quantidade	Capacidade
Recebimento	-	Moega	2	-
Transporte Moega-Silo Tulha	RTH I	Rosca Transportadora	2	135 ton/h
	EC I	Elevador de Canecas	2	60 ton/h
	RTH II	Rosca Transportadora	1	135 ton/h
			1	75 ton/h
Armazenagem	-	Silo Tulha	12	84 m ³
Transporte Silo Tulha-Moagem	RTH III	Rosca Transportadora	2	35 ton/h
	EC II	Elevador de Canecas	2	20 ton/h
	RTH IV	Rosca Transportadora	2	135 ton/h

Etapa	Item	Equipamento	Quantidade	Capacidade
Moagem	-	Moinho	2	100 cv
			1	50 cv
Transporte Moagem-Armazenagem	RTH V	Rosca Transportadora	3	35 ton/h
	EC III	Elevador de Canecas	1	30 ton/h
			2	20 ton/h
RTH VI	Rosca Transportadora	3	35 ton/h	
Armazenagem Pré-Dosagem	-	Silo Vertical	6	18 m ³
			6	14 m ³
Dosagem	RD I	Rosca Dosadora	12	35 ton/h
Pesagem	-	Balança	1	2 ton/ciclo
Transporte Pesagem-Mistura	RTH VII	Rosca Transportadora	1	75 ton/h
	EC IV	Elevador de Canecas	1	60 ton/h
Mistura	-	Misturador	1	2 ton/ciclo
Transporte Mistura-Embalagem	RTH VIII	Rosca Transportadora	1	75 ton/h
	EC V	Elevador de Canecas	1	50 ton/h
	RTH IX	Rosca Transportadora	1	135 ton/h

Fonte: Autoria própria.

Este trabalho destina-se a verificação e análise de equipamentos empregados na linha de produção de ração. Devido a amplitude do estudo e relevância dos equipamentos, nem todas as etapas apresentadas no Fluxograma 1 e Fluxograma 2 serão avaliadas. Fazem, portanto, parte do escopo deste projeto as fases de recebimento, armazenamento, moagem, dosagem, pesagem e mistura. Os equipamentos relevantes e pertinentes a cada um desses estágios serão apresentados na seção seguinte.



Fluxograma 2 - Sequência da linha de produção de ração.
Fonte: Autoria própria.

2.3 Componentes do Sistema de Produção

Esta seção descreve os componentes mecânicos das principais etapas de fabricação de ração, que podem ser observados destacados pela cor cinza no Fluxograma 1.

Serão descritos aqui apenas os elementos principais dos estágios relevantes do processo. Os equipamentos utilizados para acionamentos destes elementos são motores elétricos acoplados a redutores, que não serão incluídos nesta revisão teórica.

2.3.1 Moega

Moega é uma estrutura destinada ao recebimento de produtos a granel. Normalmente é construída abaixo do nível do solo e sua porção superior é coberta por uma grade, que permite a entrada do material e o trânsito de pessoas e veículos. Sua concepção apresenta perfil com ao menos uma parede inclinada, caracterizando-se como “v” ou semi “v”. Recomenda-se que a inclinação de suas faces internas seja superior à 40° , em relação à horizontal de sua base, de modo que, mesmo contendo impurezas e altos teores de água, o produto não fique retido na estrutura. Na porção inferior, há uma abertura que permite o direcionamento do material para transporte (SILVA, 2010). Uma amostra desta estrutura é apresentada pela Figura 5.

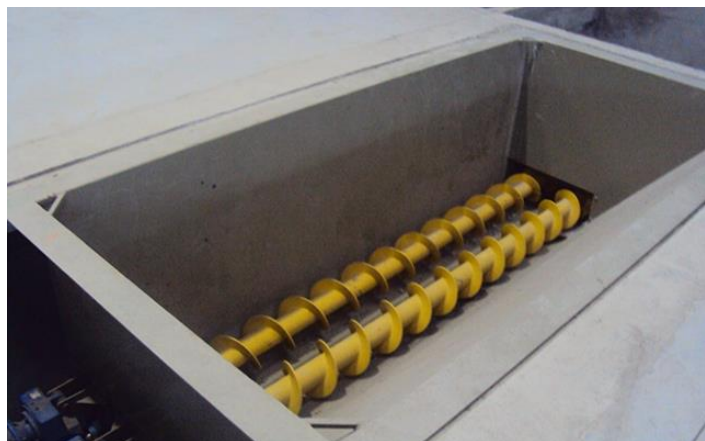


Figura 5 - Estrutura interna de moega.
Fonte: Adaptado de Rocha (2015).

Pode-se observar que a moega ilustrada na Figura 5 não apresenta a grade de cobertura para que a observação de seu interior seja favorecida. Esta estrutura possui perfil semi “v”, pois a parede ao fundo é perpendicular ao nível de entrada da moega. Em sua porção inferior, estão presentes duas RTH para movimentação e retirada de material de seu interior.

2.3.2 Silos

Silos são construções utilizadas para armazenamento e conservação de materiais, predominantemente na forma a granel, principalmente granulares, com grande utilização na indústria agrícola, portuária e siderúrgica (CORREIA, 2008). Devido as necessidades específicas de cada produto a ser armazenado, suas propriedades e o seu comportamento durante o período de armazenamento, existem tipos diferentes de silos mais apropriados para cada situação.

A fábrica de rações em estudo apresenta dois diferentes silos para armazenamento de matéria-prima em momentos distintos. O primeiro silo é destinado ao estoque de maiores quantidades de matéria prima e sua estrutura é do tipo horizontal. Esta denominação ocorre quando as dimensões de comprimento são maiores que a altura do silo, conhecido também como armazém “graneleiro”

(GRAEFF, 2005). Além disso, estes armazéns são classificados em função do tipo de fundo, ilustrados na Figura 6.

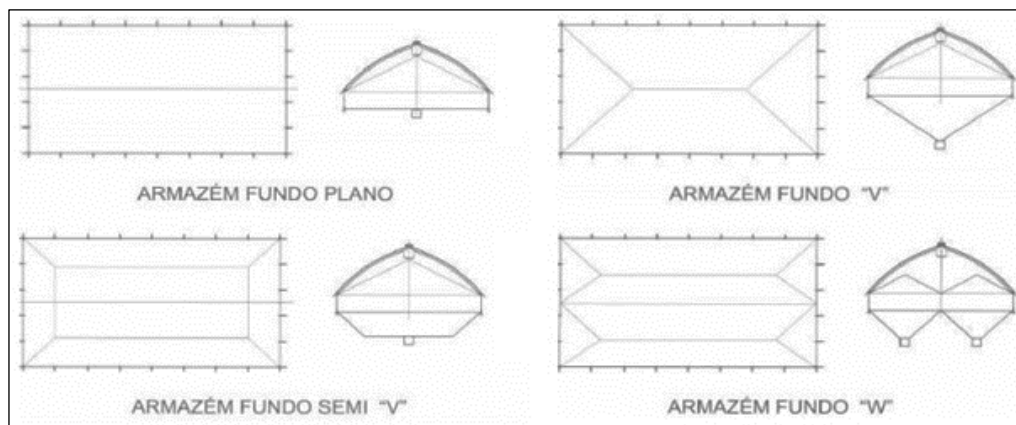


Figura 6 - Tipos de fundos de silos horizontais.

Fonte: Adaptado de GRAEFF (2005).

A empresa possui duas unidades de silos horizontais de fundo semi "v", apresentado no canto inferior esquerdo da Figura 6. Outros tipos de fundo e representações de suas vistas superiores também estão presentes na imagem.

A segunda estrutura de armazenamento é utilizada para acumular matéria-prima na etapa de armazenamento após recebimento (em menores quantidades) – início do processo produtivo, no estágio anterior à moagem e para estoque de material antes da pesagem. Este depósito é do tipo "tulha", que é um silo vertical metálico de menor porte. Pode apresentar forma cilíndrica ou seção transversal quadrilátera, de acordo com o volume de material comportado, e é denominado vertical pois a altura da estrutura é maior que seu diâmetro (ou comprimento). São ainda classificados quanto à forma de sustentação em relação ao solo em elevado, semi-subterrâneo ou subterrâneo. O silo vertical elevado mostra-se mais viável por facilidade de manipulação, conservação e controle técnico do produto armazenado (BAÊTA, 2015). A linha de produção sob estudo possui silos tipo tulha de seção quadrada e elevados, similares aos representados pela Figura 7.



Figura 7 - Exemplo de silo tipo tulha.
Fonte: Palini e Alves (2015).

Neste exemplo de silo tulha é possível observar, na parte superior da imagem, tubos que deixam a descarga da estrutura de um EC (mais informações sobre este equipamento na seção 2.3.7) e direcionam a entrada do material pela extremidade superior do silo. As paredes do equipamento afunilam-se em direção a extremidade de descarga do material, que ocorre pela porção inferior. Como toda a estrutura está localizada acima do solo, as intervenções para sua manutenção e manipulação do material armazenado são facilitadas. As unidades presentes na fábrica Novanis são muito similares às ilustradas na Figura 7, diferindo em suas dimensões.

2.3.3 Moinho

As matérias-primas utilizadas como base na produção de ração são grãos e farelos, como o de soja por exemplo, e precisam ter o tamanho de suas partículas reduzido para serem misturadas com os demais nutrientes. Isto ocorre na etapa de moagem, que é a operação onde se obtém a fragmentação fina de um material a ser utilizado em outros processos (FIGUEIRA et al., 2010).

Para executar esta tarefa na LP em estudo, são utilizados moinhos do tipo moinho de martelos. Esta máquina apresenta a forma cilíndrica e é composta por um eixo girando em alta rotação, ao qual são fixados vários blocos, também chamados martelos, de maneira articulada. O material é inserido na câmara de fragmentação por alimentação pela parte superior. As partículas sofrem o impacto dos martelos e são arremessadas contra a superfície interna da câmara, fracionando-se, para depois serem forçadas a passar por uma grade na parte inferior que irá determinar a granulometria do material na descarga (FIGUEIRA et al., 2010). A Figura 8 apresenta um esboço deste equipamento.

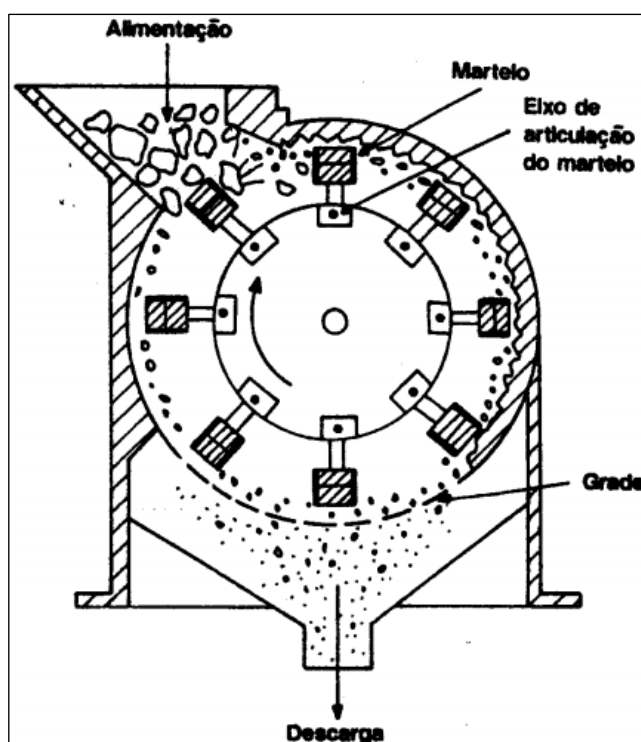


Figura 8 - Representação de moinho de martelos.
Fonte: Figueira et al. (2010).

Verifica-se na Figura 8 uma vista em corte do perfil de um moinho de martelos. O sentido horário de rotação do eixo principal é indicado pela seta. O caminho do material também está representado, desde a alimentação, o contato com os martelos, até a descarga das partículas no tamanho correto pela seção inferior, após passarem pela grade.

2.3.4 Balança

Previamente à mistura final e embalagem, os nutrientes que compõe a fórmula da ração são dosados de acordo com sua massa. Esta conferência ocorre na etapa de pesagem, através do uso de uma balança industrial que utiliza células de carga. O conceito deste equipamento pode ser observado na Figura 9.

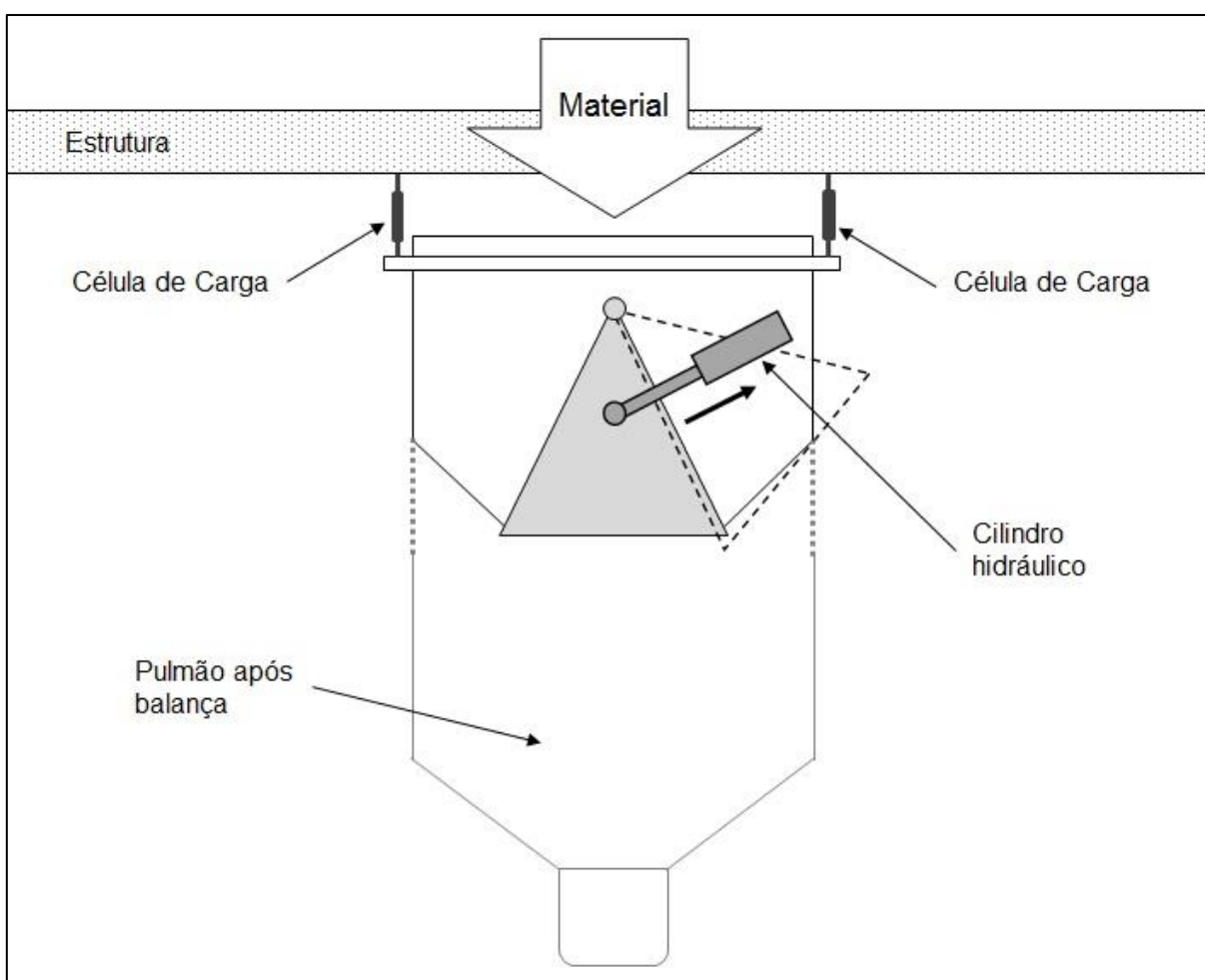


Figura 9 - Croqui do conceito da balança.

Fonte: Autoria própria.

A célula de carga é um sensor para medição de força. Geralmente, contém um elemento de flexão ao qual estão conectados extensômetros. Estes elementos, por sua vez, estão ligados entre si em um circuito em ponte para prover tensão elétrica proporcional à carga aplicada ao elemento de flexão (ALCIATORE; HISTAND, 2014).

A força atua, portanto, sobre o corpo da célula de carga e a sua deformação é transmitida aos extensômetros, que medirão sua intensidade e indicarão a força peso sobre as células (PORTAL..., 2015).

Conforme indicado na Figura 9, a balança utilizada na linha de produção em análise possui a forma base de paralelepípedo, suspensa por quatro células de carga fixadas à estrutura metálica de apoio para os equipamentos da etapa de pesagem. Sua face inferior afunila-se longitudinalmente em direção ao centro para facilitar o escoamento do material. No fundo da balança está a abertura para liberação de material, que é fechada por uma plataforma basculante acionada por pistão hidráulico e realiza movimento que permite abertura total da base.

A pesagem se dá através do sistema de dosagem contínua, no qual os componentes da mistura final são adicionados em sequência e suas massas são medidas na forma agregada. Ou seja, primeiro mede-se a massa do componente A; em seguida adiciona-se o componente B à balança, sem que o A seja removido, e mede-se a massa total sobre a balança, que fornecerá a massa de B indiretamente pela diferença entre a massa total e a do componente A. A dosagem segue assim por diante para quantos elementos forem necessários para completar a mistura.

A massa mensurada na balança pelas células de carga é definida pelo programa que controla as fases de dosagem e pesagem. Durante esta etapa, ao se atingir a massa total da mistura, a plataforma base se move, após o comando de acionamento do pistão hidráulico, e todos os componentes da ração são movimentados por gravidade para um recipiente de armazenamento. Este recipiente funciona como um pulmão para o misturador, ao qual o material será direcionado.

2.3.5 Misturador

A última etapa de processamento dos constituintes da ração é a mistura. Nesta fase, todos os materiais já na dosagem correta são encaminhados ao misturador, que trabalhará por alguns minutos para proporcionar a homogeneização do composto de nutrientes.

O misturador utilizado é do tipo horizontal de duplo helicóide, de grande aplicação no setor industrial. Seu sistema de helicóides move o produto de um lado para o outro na câmara de mistura, em um movimento que proporciona a mistura completa e homogênea do produto. Aconselha-se operar este equipamento com cargas acima de 50% de sua capacidade de armazenamento para evitar a falta de uniformidade na mistura. A descarga rápida e a inexistência de resíduos, evitando a contaminação entre produtos, são outras características presentes neste tipo de misturador (TEIXEIRA et al., 2012).

O mecanismo de mistura e uma vista do interior deste equipamento estão representados na Figura 10. À esquerda há um esquema que ilustra a orientação da movimentação do material sendo misturado no interior do dispositivo. Na porção direita, a imagem exibe a disposição dos helicóides no núcleo do misturador. Uma unidade muito semelhante a esta desempenha a etapa de mistura na fábrica.

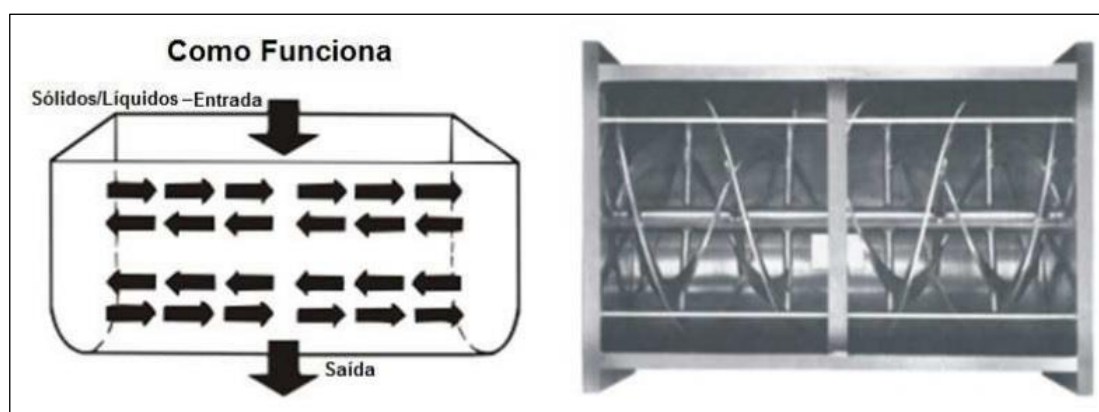


Figura 10 - Esquema de funcionamento do misturador horizontal helicoidal.
Fonte: Adaptado de TEIXEIRA et al. (2012).

2.3.6 Rosca Transportadora

Todos os estágios do fluxo de produção que requerem movimentação de materiais em planos horizontais e pouco inclinados são realizados por roscas transportadoras helicoidais tipo calha.

A RTH possui grande aplicação na movimentação de materiais a granel, para pequenas vazões e pequenas distâncias. O movimento relativo entre as hélices e a estrutura que as envolve é o responsável por transportar o material. O tipo de estrutura chamado calha corresponde por uma chapa calandrada (perfil “u”) ou dobrada (perfil “v”) que envolve o eixo com as hélices helicoidais, e é utilizada para evitar acúmulo de material ou umidade, e reter o conteúdo a ser movido (SACRAMENTO, 2015).

A Figura 11 apresenta um exemplar deste equipamento similar aos encontrados na LP em estudo. Nela podemos observar a rosca instalada no interior de uma calha de perfil “u”. Normalmente, há uma outra chapa plana utilizada para fechar a calha, evitando que impurezas se misturem ao produto em movimentação. Para melhor visualização da disposição rosca-calha, a Figura 11 não possui esta chapa de fechamento.



**Figura 11 - Exemplo de rosca transportadora helicoidal.
Fonte: Greco (2015).**

2.3.7 Elevador de Canecas

Para realizar transportes de material a granel em elevação com melhor aproveitamento do espaço físico são utilizados os elevadores de canecas. Estes equipamentos apresentam mais de uma configuração, em função das características

do material a ser transportado, podendo ser do tipo centrífugo ou do tipo contínuo. Além disso, por realizar o transporte isolado do meio, têm aplicação tanto em meios internos quanto externos (RUDENKO, 1976).

O tipo mais indicado para movimentação de materiais pouco abrasivos e de livre vazão, como grãos por exemplo, é o centrífugo. Este elevador apresenta as canecas espaçadas, que operam na vertical e em velocidade maior que a do tipo contínuo. As canecas coletam o material alimentado pela parte inferior do elevador e o descarregamento do material elevado é realizado pela ação da força centrífuga desenvolvida quando as canecas passam ao redor do tambor de acionamento, na porção superior (SACRAMENTO, 2015).

A Figura 12 ilustra um elevador de canecas centrífugo. Seu ponto de alimentação está posicionado na parte inferior da estrutura, onde o material ficará concentrado. A correia (ou corrente) é a base do transporte e gira em sentido anti-horário, acionada pela transmissão presente na parte superior do elevador. A ela estão acopladas as canecas, que serão preenchidas pelo produto na porção inferior da estrutura, como observado no lado direito da Figura 12. Seguindo seu movimento contínuo, as canecas agora carregadas elevarão o material e o despejarão pela descarga ao realizarem o giro em torno da transmissão. Visto que a estrutura envolve o EC, todo material que por ventura caia das canecas durante seu deslocamento será reunido ao restante do produto sendo alimentado, minimizando perdas para o meio externo.

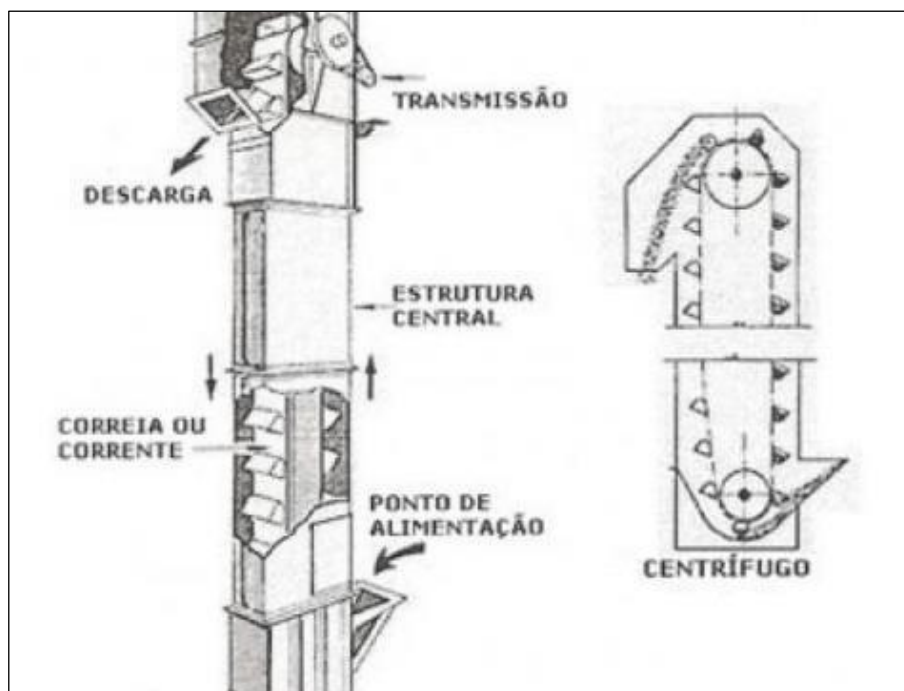


Figura 12 - Elevador de canecas centrífugo.
Fonte: Adaptado de Metalúrgica Santa Rita (2015).

2.4 Princípio de Pareto

O Princípio de Pareto, também conhecido como Lei de Pareto ou Regra 80/20, afirma que uma minoria de causas, ações ou esforços é responsável pela maioria dos efeitos, reações e resultados (KOCH, 2008).

Este fenômeno foi observado pelo economista italiano Vilfredo Pareto no fim do século XIX, ao estudar os padrões de distribuição de renda na população inglesa. Sua descoberta foi que uma pequena parcela da população concentrava a maior parte da renda, aparentemente nada muito surpreendente. No entanto, dois importantes fatos chamaram sua atenção: o desbalanceamento na distribuição de renda (altamente concentrada) e o seu padrão de distribuição proporcional entre a população, que se repetia independentemente da época ou país em estudo, no qual 20% das pessoas detinham 80% da riqueza (KOCH, 2008).

A proporção observada por Pareto foi validada inúmeras vezes nas mais variadas situações e diferentes esferas; por exemplo, negócios e o meio social. Como

consequência, pode ser utilizada para direcionar ações e decisões para se atingir o melhor resultado possível empregando-se um esforço reduzido, baseado no fato de que 20% das ações são responsáveis por 80% dos resultados.

2.5 Teoria das Restrições

Esta tese surgiu a partir do auxílio prestado pelo físico israelense Eliyahu Goldratt, na década de 70, para um vizinho que necessitava resolver problemas na produção de gaiolas em sua fábrica. A solução foi o desenvolvimento de um software de programação da produção, o Optimezed Production Technology (OPT), baseado na administração de restrições e sincronização da manufatura (WATSON et al., 2007).

A restrição é definida como qualquer elemento que impeça um sistema de melhorar o seu desempenho em relação à meta definida, pois limita a ação global do conjunto (WATSON et al., 2007). Este conceito também é conhecido como “gargalo” (SLACK et al., 2009).

Segundo Verma (1997), a Teoria das Restrições (TOC) pode ser definida como uma abordagem gerencial que visa aprimorar processos que limitam o fluxo produtivo para melhorar continuamente a performance de operações de produção. Ou seja, é uma filosofia de aperfeiçoamento contínuo, por meio da identificação das restrições de um sistema e sua minimização ou eliminação, de modo a melhorar o desempenho da organização como um todo (ALVES et al., 2011).

O princípio fundamental da TOC é que há ao menos uma restrição em cada sistema que restringindo sua capacidade de melhorar seu nível de performance (WATSON et al., 2007). Assim, podemos dizer que esta teoria é uma metodologia de aprimoramento contínuo de processos através da minimização sistemática dos elementos limitantes ao seu desempenho.

Para se atingir este objetivo de melhoria constante, a TOC busca soluções para três questionamentos importantes (Verma, 1997):

- a. *O que mudar*: todas as organizações apresentam problemas e oportunidades de melhoria de performance. Porém, devido a limitações

de tempo, esforços e recursos, o gestor deve buscar qual mudança implementar para atingir melhoramentos eficientemente.

- b. *Mudar para o quê*: após identificar os problemas principais, o passo seguinte é definir qual deve ser a solução adequada.
- c. *Como promover a mudança*: provavelmente, esta é a tarefa mais difícil. Mesmo sendo identificada a alteração necessária, se não for possível promovê-la, ela não apresentará muita utilidade.

Segundo Verma (1997), o conceito de cinco passos criado por Goldratt e que integra a TOC pode auxiliar a busca pelas respostas para as questões acima e a continuidade do processo de melhoria contínua. De acordo com Goldratt e Cox (2002), os cinco passos são:

1. *Identificar as restrições do sistema*: encontrar o fator limitante do sistema.
2. *Decidir como explorar as restrições*: apontar a melhor maneira de explorar as restrições para atingir a melhor taxa de rendimento possível dadas as restrições do sistema (WATSON et al., 2007).
3. *Subordinar os demais recursos às restrições*: todas as demais etapas devem trabalhar na cadência da restrição para que não falte material a ela (ROSA, 2007).
4. *Elevar a restrição*: aumentar a capacidade produtiva da restrição.
5. Reiniciar os passos caso a restrição seja sanada no passo anterior.

Assim, seguindo-se os passos indicados acima, é possível atuar sobre os gargalos de um sistema continuamente e promover melhorias.

2.6 Organização da Produção

Devido ao caráter perecível dos produtos, a produção de ração é organizada sob demanda. Os produtos são fabricados conforme pedidos de consumidores, evitando-se assim que estoques de itens acabados possam ter seu prazo de validade vencido antes de sua comercialização. A exceção são os produtos de grande saída no mercado, que são estocados em pequenas quantidades nas lojas da empresa.

Para atender as encomendas dentro de um prazo que agrade aos clientes, é imprescindível que a produção seja executada com o menor índice de falhas possível. Para tanto, a organização do processo produtivo neste tipo de fábrica baseia-se principalmente na capacidade produtiva de cada equipamento componente da linha de produção e no tempo de processamento que possuem, através dos quais é possível prever o prazo de entrega do material.

Como os equipamentos possuem índices de produtividade diferentes, o que apresentar o menor desempenho deverá ditar o ritmo da produção, como sugere a teoria das restrições, desenvolvida para focalizar o planejamento da produção nas restrições de capacidade do gargalo (SLACK et al., 2009).

A ordenação da linha segue o arranjo físico por produto. Segundo Slack et al. (2009), este arranjo também é denominado em “linha”, pois cada produto percorre um roteiro predefinido no qual a sequência de atividades necessárias coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente (SLACK et al., 2009). Ou seja, as máquinas estão organizadas de acordo com a sequência de fabricação do produto (SANTOS et al., 2009).

Os subprodutos, como minerais e *premix*, que não sofrem processamento na linha de ração são adicionados a ela por alimentação lateral, evitando cruzamento de fluxos de material.

2.7 Manutenção

A manutenção é uma atividade de extrema importância para as empresas, pois tem a capacidade de garantir a funcionalidade de equipamentos e sistemas para atender a um processo produtivo ou de serviço, com confiabilidade, segurança e preservando o meio ambiente (PINTO; NASCIF, 2003). No entanto, não tem sido aplicada efetivamente como ferramenta para aprimorar a qualidade da produção na empresa devido às dificuldades de se implementar uma cultura voltada para tal.

A forma com que uma ação que visa auxiliar o bom e correto funcionamento de equipamentos, sistemas ou instalações é executada determina os diversos tipos de

manutenção existentes. Há uma grande gama de denominações que os classificam, o que pode causar confusão no momento de sua identificação. Para tornar esta nomeação mais objetiva, PINTO e NASCIF (2003) defendem que a caracterização das intervenções de manutenção deve se enquadrar em um dos quatro tipos de manutenção propostos pelos autores, apresentados abaixo:

1. *Manutenção corretiva* – Caracteriza-se pela atuação para corrigir uma falha ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema com desempenho indesejado. Este tipo é segmentado entre manutenção corretiva não planejada e planejada. A primeira indica a intervenção em fato já ocorrido inesperadamente, sem tempo de preparação prévia para o serviço. A planejada identifica a atuação após acompanhamento preditivo ou opção gerencial de operação até a quebra.
2. *Manutenção preventiva* – Intervenções periódicas e planejadas, com espaços de tempo definidos, que objetivam evitar ou reduzir a ocorrência de falhas ou queda no desempenho dos equipamentos ou sistemas.
3. *Manutenção preditiva* – Acompanhamento de parâmetros indicativos de operação e desempenho de equipamentos/sistemas para antecipar situações em que deve ser realizada a intervenção, permitindo planejamento prévio.
4. *Manutenção detectiva* – Implantação de sistemas de proteção para verificações no funcionamento do equipamento ou sistema, permitindo identificar falhas ocultas e intervir para mantê-lo em operação.

A linha de produção em análise recebe intervenções na maioria das vezes corretivas, sobretudo corretivas não planejadas, fato que interfere na organização da manufatura, como já salientado no capítulo introdutório deste trabalho.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

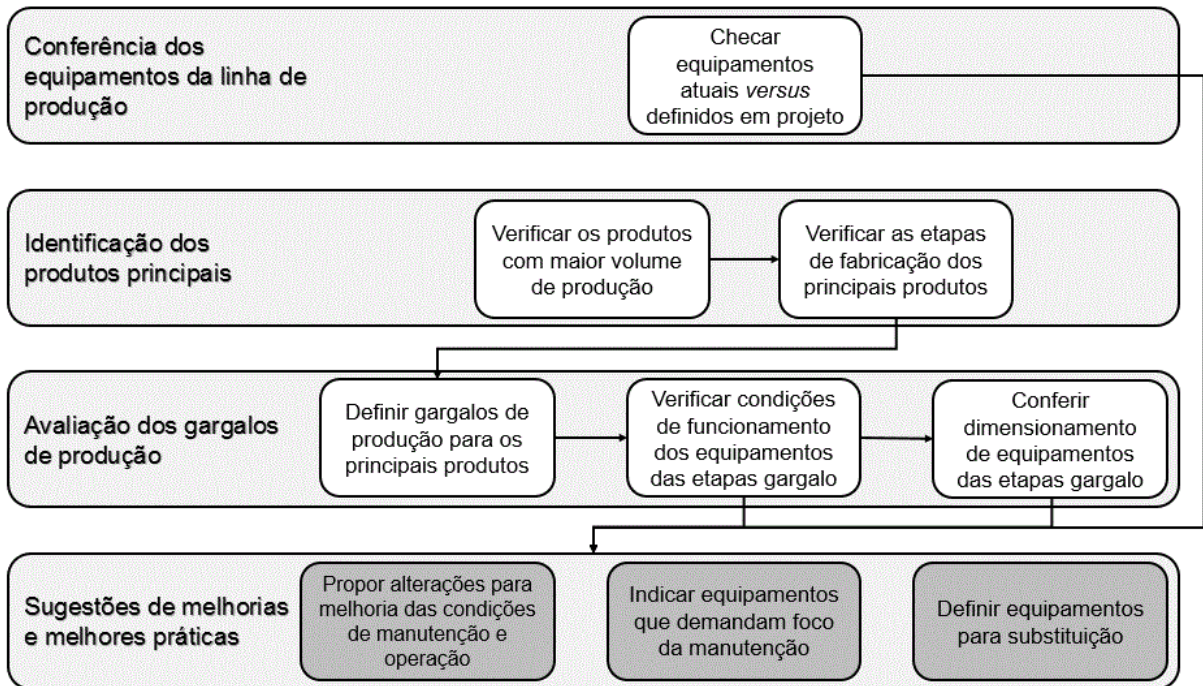
Este projeto foi desenvolvido no modelo de estudo de caso. Segundo Yin (2001), este tipo de estratégia de pesquisa possui vantagem sobre os demais (como experimento, por exemplo) quando “faz-se uma questão do tipo “como” e “por que” sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos sobre o qual o pesquisador tem pouco ou nenhum controle”. Tendo em vista a natureza dos fatos que interferem na produtividade da linha de produção e a influência do autor quanto a eles, este método de pesquisa mostrou-se ser o mais adequado.

O presente capítulo destina-se ao relato da metodologia aplicada ao desenvolvimento deste projeto. As próximas seções irão apresentar os métodos escolhidos para execução das tarefas práticas, bem como quais foram os motivos que embasaram suas escolhas. Estarão aqui descritas, portanto, as abordagens adotadas para as atividades necessárias para o cumprimento dos objetivos específicos e geral deste trabalho.

3.1 Descrição da Metodologia

A execução deste projeto foi segmentada em ações que buscaram atender ao cumprimento dos objetivos específicos definidos no capítulo de introdução, assumindo-se a hipótese de que ao atingi-los, a solução do problema base, identificada como o objetivo geral, seria alcançada. Para tal, nem todas as atividades estão relacionadas entre si diretamente, mas o conjunto de suas conclusões contribuem para a solução da situação-problema.

Estas ações estão apresentadas no Fluxograma 3. Organizam-se associadas ao seu respectivo objetivo específico e são encadeadas conforme sua sequência de execução até se alcançar as atividades vinculadas ao objetivo de sugestões de melhorias e melhores práticas, que representam as soluções para a SP.



Fluxograma 3 - Metodologia de execução do projeto.
Fonte: Autoria própria.

As tarefas relacionadas à conferência dos equipamentos da linha de produção foram realizadas através de verificação *in loco* das características dos elementos envolvidos na linha de produção. Isto se deu em duas visitas à fábrica, totalizando oito dias de acompanhamento do cotidiano da linha de produção.

Por meio da observação de placas de identificação de motores, conferência da relação de transmissão de redutores e a utilização de instrumentos de medição, foram aferidas as principais características dos equipamentos da LP, das quais podemos destacar:

- Especificações de unidades de acionamento de equipamentos: motores elétricos e redutores.
- Dimensões estruturais: polias, roscas transportadoras e dosadoras, elevadores de canecas, moega, silos tulha, balança, pulmões de armazenamento intermediário, peneira rotativa e misturador.

Além das dimensões físicas, também foram verificados os tempos de cada etapa do processo produtivo durante um ciclo de produção. Ou seja, foi verificada a duração das etapas para se fabricar duas toneladas de ração.

Após esta caracterização dos equipamentos envolvidos na LP, suas especificações foram confrontadas com as designadas em projeto, através da conferência dos desenhos mecânicos, fornecidos pelo fabricante.

Para o segundo objetivo específico – identificar quais são os produtos mais relevantes para servirem como base da avaliação da linha – foi empregado o Princípio de Pareto. Este fundamento baseia-se no fenômeno de que poucas causas geralmente são responsáveis pela maioria dos efeitos (SLACK et al., 2009). Este conceito foi extrapolado para se verificar quais itens eram responsáveis pelo maior volume de produção por intermédio de análise e tratamento dos dados de produção. As propriedades destes produtos, fornecidas pela empresa, aliadas as especificações dos equipamentos, permitiram elaborar um panorama da operação de fabricação de ração.

Os conceitos provenientes da Teoria das Restrições sustentaram a identificação dos gargalos da operação. Sendo o foco deste trabalho a capacidade produtiva, esta característica foi avaliada para cada componente da linha de produção, de modo a se aplicar os cinco passos da TOC para melhoria contínua (indicados no Fluxograma 4) e buscar aprimorar este quesito na etapa gargalo.



Fluxograma 4 - Os cinco passos da TOC.

Fonte: Autoria própria.

O último objetivo específico procura definir ações para melhorar as condições de manutenção e operação da linha. Os equipamentos que requerem maior atenção da manutenção foram identificados ao se verificar quais sofreram maior incidência de intervenções corretivas, além também dos que estão sujeitos a maior exigência de operação. Já as orientações para substituição de componentes, foram provenientes da apuração das unidades não conformes em relação a sua especificação de projeto.

As visitas à fábrica, análise da operação da LP, avaliação dos equipamentos e estudos para redução de gargalos proporcionaram a idealização de sugestões para melhores práticas e oportunidades de aperfeiçoamento da atividade operacional na unidade fabril estudada, além da definição de ações de melhoria efetiva na produtividade da linha de produção, todas embasadas pela teoria utilizada para o cumprimento dos objetivos específicos.

3.2 Justificativa da Metodologia

Embora ferramentas estatísticas possam indicar um número de unidades de equipamentos que poderiam ser verificados a fim de se identificar um percentual de conformidade em relação ao dimensionamento de projeto, optou-se por conferir as especificações de todos os itens envolvidos no processo para que qualquer alteração fosse detectada. Isto porque todas as possibilidades de melhorias somam ao incremento da produtividade da linha.

A empresa possui uma ampla gama de produtos. Analisar as características de operação da linha de produção para todos eles representaria uma tarefa repetitiva e pouco eficaz. Com o objetivo de concentrar esforços num pequeno número de produtos, mas que represente uma quantia significativa da produção total, a Lei de Pareto foi escolhida como metodologia de classificação de importância de elementos. Sua comprovada relevância para classificações de itens por ordem de significância, ressaltada por Slack et al. (2009), foi determinante na escolha deste princípio de análise.

Os fatores limitantes da produtividade de uma cadeia produtiva estão relacionados ao gargalo de produção, etapa restritiva que irá ditar o ritmo de produção (GOLDRATT; COX, 2002). Seu maquinário deverá, portanto, desempenhar toda sua capacidade com o propósito de manter o desempenho da linha de produção o mais alto possível. Conseqüentemente, o equipamento desta etapa estará sujeito a um maior nível de operação em relação as demais, podendo interferir na vida útil de seus componentes. Por isso, além de sua importância natural, tornou-se fundamental se identificar o gargalo neste trabalho para que seus equipamentos recebessem maior atenção da manutenção.

A identificação das restrições para a fabricação dos principais produtos, fundamentada na capacidade produtiva de máquina como base para aplicação da TOC, apresentou-se como uma metodologia eficaz de melhoria contínua quando objetiva-se elevar a produtividade de uma linha de produção. Pesquisas recentes de aplicação da TOC no ambiente de manufatura ressaltaram a oportunidade de ganho de produtividade através desta metodologia. Belincanta et al. (2006) conseguiram aumentar a produtividade em uma indústria de embalagens plásticas, e ainda reduzir custos na produção. Castro et al. (2008) aplicaram o processo de tomada de decisão promovido pela TOC para encontrar a melhor carteira de clientes para uma usina termelétrica, tendo em vista que a distribuição de energia foi uma restrição identificada através da metodologia em foco. Outro exemplo é o de Alves et al. (2011), que avaliaram as restrições do processo de fabricação de jeans em uma indústria têxtil e determinaram ações de melhoria que podem aumentar sua produtividade, baseadas na metodologia TOC.

Para se atingir o último objetivo específico, vários conceitos e resultados provenientes das outras atividades envolvidas neste projeto foram aplicados. Com a avaliação da situação atual através do mapeamento das etapas produtivas e suas condições operacionais, aliada a proposição de ações com impacto positivo direto na produtividade da linha e melhorias nas condições operacionais, pôde se delinear uma perspectiva de aumento da capacidade produtiva realizada no presente, solucionando o problema base para a elaboração deste trabalho, e sugerir a adoção de práticas que somem à qualidade operacional da LP.

4 ANÁLISE DA LINHA DE PRODUÇÃO

Nesta seção serão apresentadas as etapas de execução do projeto e as ações envolvidas em sua conclusão. As seções seguintes estão divididas por objetivos específicos, forma adotada para realização deste trabalho e também para sua descrição.

A sugestão de realização deste trabalho originou-se do contato com uma pessoa que participou da fundação da empresa e atuou por anos na diretoria de operações. Seu conhecimento sobre o funcionamento da fábrica e, sobretudo, das dificuldades encontradas para tanto revelaram a oportunidade de se buscar melhorar a produtividade avaliando-se apenas os equipamentos.

Para realizar um diagnóstico das condições da linha de produção e conhecer a equipe da empresa, houve uma viagem pré-projeto para visita à Novanis. Nesta ocasião foram realizadas reuniões com a atual diretoria de operações e a gerência de manutenção, ficando acordado qual seria a abrangência do estudo e como se daria o acesso à fábrica.

Em seguida, durante três dias, acompanhou-se a operação da fabricação de ração para bovinos e fez-se um levantamento preliminar dos equipamentos envolvidos neste processo, o que evidenciou a possibilidade de desenvolvimento do projeto. Esta visita inicial serviu de base para a elaboração da proposta de projeto de pesquisa.

O aceite desta proposta por parte da universidade deu início então às etapas seguintes de realização do trabalho, que serão apresentadas na sequência.

4.1 Conferência dos Equipamentos da Linha de Produção

A Novanis possui os arquivos do projeto da fábrica, fornecidos pelo fabricante dos equipamentos. Nestes documentos, puderam ser conferidas quais eram as especificações determinadas em projeto para todos os equipamentos e os acionamentos citados nesta seção. Após o levantamento *in loco* das características

dos equipamentos instalados atualmente, estas puderam ser confrontadas com as estabelecidas no projeto da linha de produção.

4.1.1 Acionamento

O projeto de pesquisa teve início com nova visita à fábrica. Desta vez, acompanhou-se o cotidiano da fabricação durante cinco dias. Neste período, foram realizadas verificações de equipamentos e observações das características operacionais da linha de produção. Também ocorreu uma reunião com o fabricante do maquinário utilizado para se esclarecer questões práticas sobre recomendações para o funcionamento da fábrica.

Todos os equipamentos são acionados por motores elétricos. Suas especificações foram observadas pela placa de identificação de cada um deles. Neste item é possível descobrir a potência (em cavalos) e a rotação (em rpm) de cada unidade, entre outras informações. A maioria dos motores é da marca Weg e estão exemplificados na Figura 13, com destaque para a placa de identificação e os campos que informam as especificações citadas anteriormente.

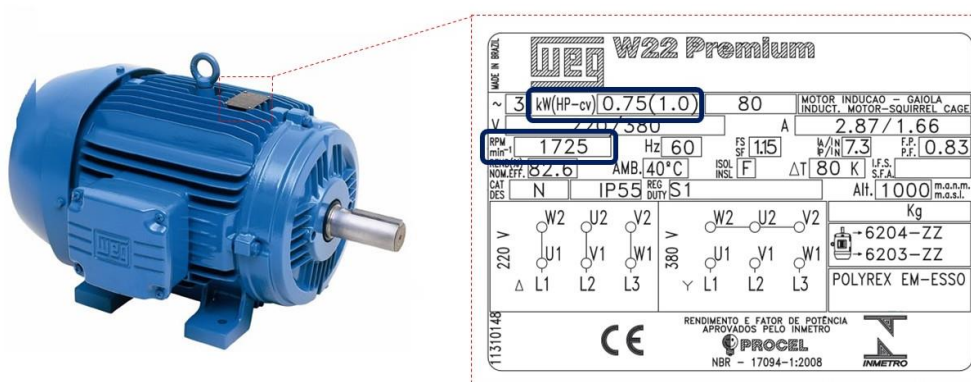


Figura 13 - Motor elétrico e placa de identificação.

Fonte: Adaptado de WEG (2015).

Na maioria das vezes, é necessário reduzir a velocidade do motor para acionar um componente. Esta adequação da rotação é feita por redutores, como o apresentado na Figura 14, ou por par de polias.



Figura 14 - Redutor de velocidades.
Fonte: Grupo Buscarioli (2015).

Nos redutores da fábrica não era possível visualizar as placas de identificação devido à montagem motor-redutor. A relação de transmissão foi então verificada manualmente, nos períodos de ociosidade do equipamento, por meio da conferência de quantos giros o eixo de entrada executava para um giro do eixo de saída.

A transmissão entre motores e redutores é realizada por polias e correias trapezoidais. Na ausência de redutores, pares de polias e correias trapezoidais eram utilizados para conectar o motor diretamente ao mecanismo a ser acionado. Como o tamanho das polias também influencia na relação de transmissão, seus diâmetros foram mensurados.

Todos os motores e redutores utilizados na linha de produção de ração foram conferidos, totalizando 53 unidades de motores e 26 redutores.

4.1.2 Equipamentos

Em paralelo à conferência dos elementos de acionamento, foram verificadas as dimensões dos equipamentos empregados em cada etapa do processo produtivo com o uso de instrumentos de medição.

Para as roscas transportadoras horizontais foram mensurados as seguintes dimensões (ilustradas na Figura 15):

- Diâmetro da polia de entrada (quando aplicada);
- Diâmetro do eixo (A);
- Diâmetro externo de hélice (B);
- Passo de hélice (C);
- Comprimento de rosca (D).

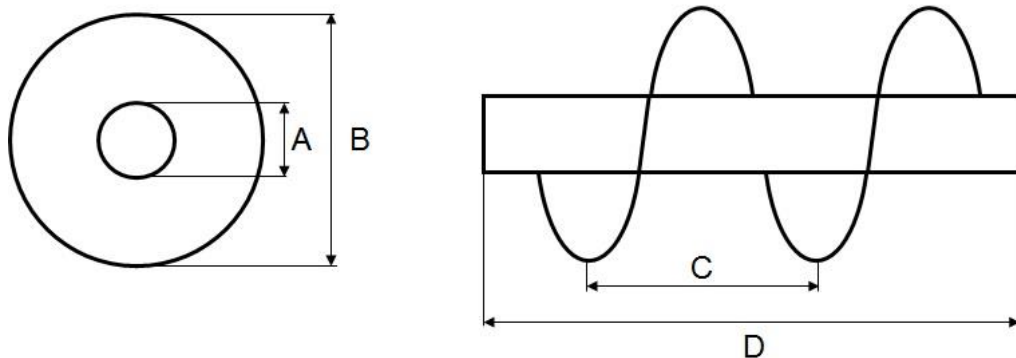


Figura 15 - Representação das dimensões da RTH.

Fonte: Autoria própria.

Nos elevadores de canecas, foram verificadas quantas canecas estão dispostas por metro de correia, a largura da caneca, a altura do elevador e as dimensões da estrutura que envolve as canecas e a correia. Consultando o fabricante, foi possível saber o volume de cada caneca, de acordo com sua largura. Na Figura 16, podemos observar um dos elevadores de canecas da fábrica e a indicação da estrutura externa e detalhes de seu interior.



Figura 16 - Detalhes do elevador de canecas.

Fonte: Autoria própria.

As doze roscas dosadoras apresentavam difícil acesso e não puderam ser verificadas completamente. Entretanto, conferiu-se seu diâmetro externo e foi verificado com a empresa que, principalmente devido a sua importância na etapa de dosagem, estes componentes foram mantidos conforme determinado em projeto.

Os demais equipamentos – silos tulha, balança, pulmão pós-balança, peneira rotativa, misturador e pulmão pós misturador – tiveram sua estrutura medida a fim de se verificar sua capacidade volumétrica, que pode ser verificada na Tabela 2.

Tabela 2 - Capacidade Volumétrica do Equipamentos.

Etapa	Equipamento	Quantidade	Capacidade Volumétrica [m³]
Armazenamento	Silo Tulha	12	84
Armazenamento pré-moagem	Silo Tulha	6	10
Armazenagem pré-dosagem	Silo Tulha	6	18
		6	14
Pesagem	Balança	1	10,6
Armazenagem Pós-Pesagem	Pulmão	1	10,8
Mistura	Peneira	1	1,6
	Misturador	1	4,6

Etapa	Equipamento	Quantidade	Capacidade Volumétrica [m ³]
Armazenagem Pós-Mistura	Pulmão	1	6,4

Fonte: Autoria própria.

Também foram aferidos os tempos reais para execução das etapas analisadas neste trabalho, que serviram de base para determinação de vazão volumétrica dos equipamentos envolvidos.

4.2 Identificação dos Produtos Principais

A identificação dos produtos principais fundamentou-se no volume de produção de um período de 12 meses, contados entre julho de 2014 e junho de 2015. Este intervalo de tempo apresenta grande relevância por fechar um ciclo anual, incluindo as variações de produção decorrentes das épocas do ano. A Novanis contava no momento desta análise com 30 produtos comerciais diferentes e todos os dados necessários para avaliá-los foram fornecidos pela empresa.

A aplicação do Princípio de Pareto para identificação dos principais produtos dentre o *mix* de produção mostrou-se muito eficaz. Esta lei empírica foi mais uma vez validada ao se constatar que seis produtos são responsáveis por 81% do volume anual de produção de ração. Isto é, seis produtos de um plantel de 30 são responsáveis pela maior porção da quantidade de ração fabricada, comprovando que 20% dos produtos representam 80% do volume comercializado. Este fato fica evidente no Gráfico 2, onde estão destacados pela cor azul. Ao todo, foram comercializadas aproximadamente 9800 toneladas de suas unidades, frente a 12300 toneladas de todos os produtos fabricados no ano de análise na unidade matriz da empresa.

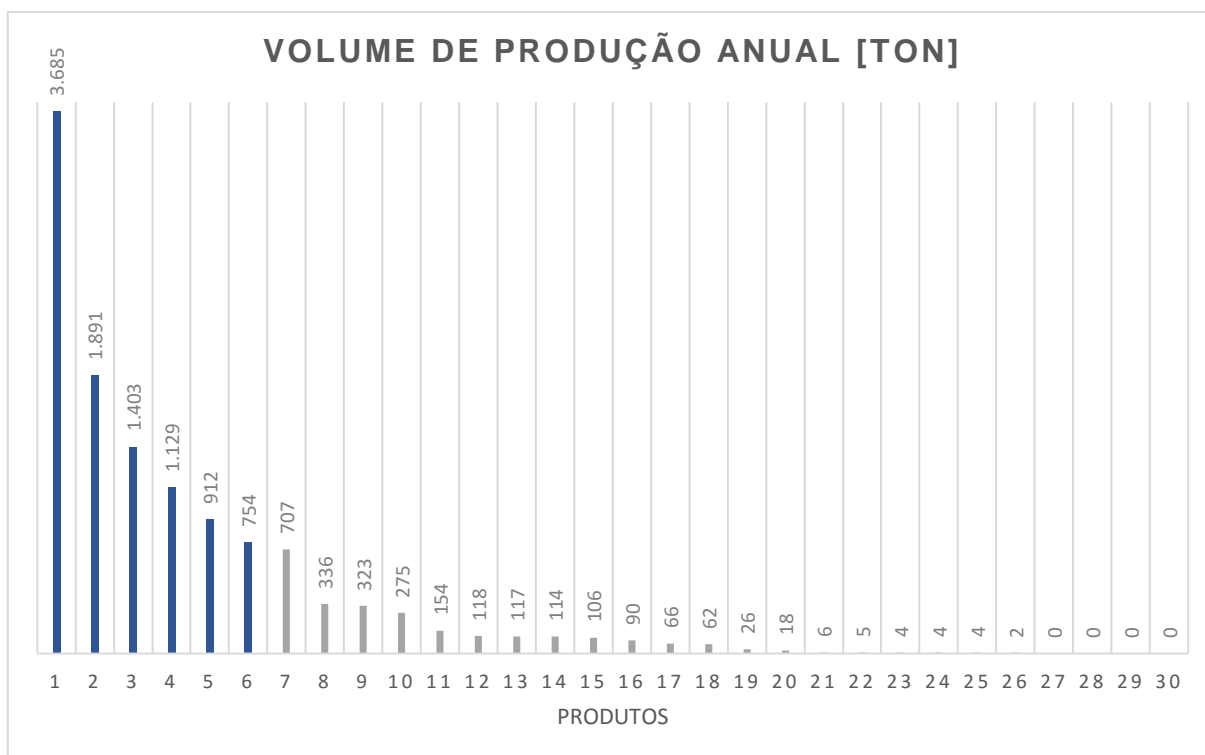


Gráfico 2 - Distribuição do volume de produção por produto.

Fonte: Autoria própria.

Os dados avaliados representavam os produtos comerciais. No entanto, quatro das seis principais rações comerciais diferencem-se apenas na forma de embalagem – a granel ou ensacada – duas a duas. Ou seja, os seis produtos preponderantes possuem quatro formulações distintas, que classificaremos como produtos 1, 2, 3 e 4, sendo 1 o de maior volume fabricado e 4 o de menor.

A partir destas formulações, foi possível verificar quais etapas representam seus processos produtivos. Tendo em vista sua natureza similar e todas as matérias-primas envolvidas, todos eles são processados por todos os estágios da linha de produção. Por isso, todos os equipamentos compreendidos entre o recebimento e expedição de materiais foram analisados.

4.3 Avaliação dos Gargalos de Produção

Após levantar as características de cada etapa e as dimensões dos equipamentos envolvidos, foi possível calcular a capacidade produtiva de todos os elementos (desde a moega até o ensaque) em relação a movimentação volumétrica de material que podem exercer. Visto que cada material possui uma densidade diferente dos demais, foram verificados quantos “metros cúbicos” por intervalo de tempo eram movimentados, e não quantos quilos ou toneladas, para manter o mesmo parâmetro de avaliação de todos os produtos.

Para efeitos de análise da linha de produção como um todo, calculou-se a capacidade volumétrica de todos os equipamentos, para depois levar em conta as densidades dos materiais. Como resultado, determinou-se o tempo envolvido para se processar e movimentar cada matéria-prima e o produto acabado, com base nas massas envolvida de cada ciclo de processamento. A Tabela 3 apresenta os resultados destes cálculos realizados para o produto 1 como um exemplo, com base nas especificações de equipamentos do projeto original.

Tabela 3 - Determinação da Capacidade Produtiva.

Etapa	Equipamento	Material	Densidade [kg/m ³]	Volume [m ³]	Massa [kg]	Vazão de Equipamento [m ³ /h]	Tempo de Processo [s]
Transporte das Tulhas para Moinhos	RTH embaixo das tulhas 01	MP A	741,3	0,8	600,0	42,5	68,5
		MP B	276,0	1,8	500,0		153,4
		MP C	802,7	0,7	537,1		56,7
	RTH embaixo das tulhas 02	MP D	403,8	0,7	291,3	42,5	61,1
		MP A	741,3	0,8	600,0		68,5
		MP B	276,0	1,8	500,0		153,4
	EC Tulha → moinhos 01	MP A	741,3	0,8	600,0	27,2	107,2
		MP B	276,0	1,8	500,0		239,9
		MP C	802,7	0,7	537,1		88,6
	EC Tulha → moinhos 02	MP D	403,8	0,7	291,3	27,2	95,5
		MP A	741,3	0,8	600,0		107,2
		MP B	276,0	1,8	500,0		239,9
	RTH de abastecimento de moinhos 01	MP A	741,3	0,8	600,0	168,8	17,3
		MP B	276,0	1,8	500,0		38,6
		MP C	802,7	0,7	537,1		14,3
RTH de abastecimento de moinhos 02	MP D	403,8	0,7	291,3	168,8	15,4	
	MP A	741,3	0,8	600,0		17,3	
	MP B	276,0	1,8	500,0		38,6	
Moagem	Moinho 01	MP D	403,8	0,7	291,3	100,0	104,9

Etapa	Equipamento	Material	Densidade [kg/m ³]	Volume [m ³]	Massa [kg]	Vazão de Equipamento [m ³ /h]	Tempo de Processo [s]
Transporte dos Moinhos para Dosagem	Moinho 02	MP A	741,3	0,8	600,0	100,0	216,0
		MP B	276,0	1,8	500,0	100,0	180,0
		MP C	802,7	0,7	537,1	100,0	193,3
		MP D	403,8	0,7	291,3	50,0	209,8
		MP A	741,3	0,8	600,0	50,0	432,0
		MP B	276,0	1,8	500,0	50,0	360,0
	Moinho 03	MP C	802,7	0,7	537,1	50,0	386,7
		MP D	403,8	0,7	291,3	100,0	104,9
		MP A	741,3	0,8	600,0	100,0	216,0
		MP B	276,0	1,8	500,0	100,0	180,0
		MP C	802,7	0,7	537,1	100,0	193,3
		MP D	403,8	0,7	291,3	42,0	61,8
	RTH de saída de material do moinho 01	MP A	741,3	0,8	600,0		69,3
		MP B	276,0	1,8	500,0		155,2
		MP C	802,7	0,7	537,1		57,3
		MP D	403,8	0,7	291,3	42,0	61,8
		MP A	741,3	0,8	600,0		69,3
		MP B	276,0	1,8	500,0		155,2
		MP C	802,7	0,7	537,1		57,3
		MP D	403,8	0,7	291,3	42,0	61,8
		MP A	741,3	0,8	600,0		69,3
	RTH de saída de material do moinho 02	MP B	276,0	1,8	500,0		155,2
		MP C	802,7	0,7	537,1		57,3
		MP D	403,8	0,7	291,3	42,0	61,8
	RTH de saída de material do moinho 03	MP A	741,3	0,8	600,0		69,3
		MP B	276,0	1,8	500,0		155,2
		MP C	802,7	0,7	537,1		57,3
	EC Moinho → dosagem 01	MP D	403,8	0,7	291,3	39,8	65,2
		MP A	741,3	0,8	600,0		73,2
		MP B	276,0	1,8	500,0		163,9
		MP C	802,7	0,7	537,1		60,5
	EC Moinho → dosagem 02	MP D	403,8	0,7	291,3	27,2	95,5
		MP A	741,3	0,8	600,0		107,2
		MP B	276,0	1,8	500,0		239,9
	EC Moinho → dosagem 03	MP C	802,7	0,7	537,1		88,6
		MP D	403,8	0,7	291,3	27,2	95,5
		MP A	741,3	0,8	600,0		107,2
	RTH elevador pós-moinho → caixas de dosagem 01	MP B	276,0	1,8	500,0		239,9
		MP C	802,7	0,7	537,1		88,6
		MP D	403,8	0,7	291,3	41,8	62,2
	RTH elevador pós-moinho → caixas de dosagem 02	MP A	741,3	0,8	600,0		69,7
		MP B	276,0	1,8	500,0		156,1
MP C		802,7	0,7	537,1		57,7	
RTH elevador pós-moinho → caixas de dosagem 03	MP D	403,8	0,7	291,3	41,8	62,2	
	MP A	741,3	0,8	600,0		69,7	
	MP B	276,0	1,8	500,0		156,1	
Dosagem	Roscas Dosadoras	MP C	802,7	0,7	537,1		57,7
		MP D	403,8	0,7	291,3	41,8	62,2
		MP A	741,3	0,8	600,0		69,7
	RD 01	MP B	276,0	1,8	500,0	82,9	78,7
		MP A	741,3	0,8	600,0	-	-
		RD 02					

Etapa	Equipamento	Material	Densidade [kg/m ³]	Volume [m ³]	Massa [kg]	Vazão de Equipamento [m ³ /h]	Tempo de Processo [s]
		RD MP C	802,7	0,7	537,1	84,9	28,4
		03 RD MP D	403,8	0,7	291,3	54,1	48,0
		04 RD MP E	613,3	-	-	-	-
		05 RD MP B	276,0	1,8	500,0	-	-
		06 RD MP A	741,3	0,8	600,0	52,5	55,5
		07 RD MP C	802,7	0,7	537,1	-	-
		08 RD Macro-	-	-	-	-	-
		09 nut. A	-	-	-	-	-
		10 RD Macro-	1328,0	0,0	28,5	11,6	6,7
		11 nut. B	-	-	-	-	-
		12 RD Macro-	-	-	-	-	-
		13 RD nut. C	-	-	-	-	-
		14 RD -	-	-	-	-	-
	Abastecimento manual	1 Macro-	1,2	-	-	-	-
		2 Macro-	-	-	-	-	-
		3 Macro-	1335,0	0,0	30,0	6,2	13,1
		4 Macro-	2,2	5,0	10,8	2705,9	6,6
		5 Macro-	-	-	-	-	-
		6 Micronutrientes	-	-	2,3	-	7,4
Pesagem	Balança	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	1817,3	251,3
Transporte do Pulmão/Balança para Misturador	RTH Pulmão pós-balança	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	94,0	135,3
	EC Pulmão pós-balança → peneira rotativa	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	75,7	168,0
Mistura	Peneira rotativa	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	2544,2	5,0
	Misturador	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	43,9	290,0
Transporte do Misturador para Ensaque	RTH Pulmão pós-misturador	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	93,0	136,8
	EC Pulmão pós-misturador → ensaque	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	68,1	186,9
	RTH elevador pós-misturador → ensaque	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	173,7	73,2
Ensaque	Ensacadora	Produto 1	566,0	3,5	2000,0	20,2	628,4
Tempo Fluxo Contínuo (Etapas Independentes)	Ensacada	Produto 1					4921,6
	Granel	Produto 1					4293,1
Tempo Fluxo Contínuo - A partir da Dosagem (Etapas Independentes)	Ensacada	Produto 1					1874,9
	Granel	Produto 1					1246,5
Tempo Fluxo Contínuo - A partir da Dosagem (Etapas Sobrepostas)	Ensacada	Produto 1					1208,1
	Granel	Produto 1					579,7
Capacidade Produtiva - Etapas Sobrepostas (Sem Ensaque) [ton/h]	Tulhas a estocagem para ensaque	12,4					
Tempo Efetivo de Processo - A partir da Pesagem	Balança						251,3
	RTH Pulmão pós-balança						8,2
	EC Pulmão pós-balança → peneira rotativa						12,0

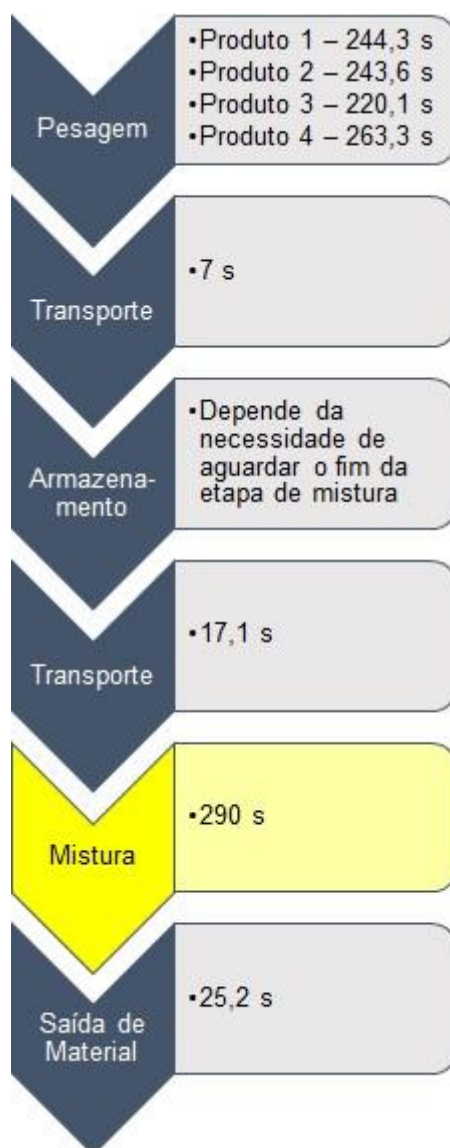
Etapa	Equipamento	Material	Densidade [kg/m ³]	Volume [m ³]	Massa [kg]	Vazão de Equipamento [m ³ /h]	Tempo de Processo [s]
	Misturador						290,0
	RTH Pulmão pós-misturador						5,4
	EC Pulmão pós-misturador → ensaque						16,2
	RTH elevador pós-misturador → ensaque						11,7
	Ensacadora						628,4
	1ª Batida completa [min]						20,5
	Tempo de batida para operação contínua [min]						6,4
Capacidade Produtiva - Um Turno De Operação [ton/h]							17

Fonte: Aatoria própria.

Esta avaliação permitiu observar, juntamente com os dados apresentados na Tabela 2, que há processos distintos ao longo da linha de produção. Os silos tulha, responsáveis pelo armazenamento de matéria-prima após o recebimento, são capazes de comportar material suficiente para mais ciclos de produção do que os realizados em um turno de operação diário (tempo de operação usual da fábrica). A moagem também é capaz de abastecer os silos tipo tulha da etapa de armazenagem pré-dosagem em velocidade muito maior do que a de saída de material para a pesagem. Com esses fatos em mente, a operação da linha apresenta as etapas anteriores à dosagem e pesagem de matéria-prima funcionando com frequência diferenciada, sendo acionadas para se manter os níveis de estoque da armazenagem pré-dosagem adequados.

A princípio, pensava-se que a linha de produção deveria ser analisada totalmente, desde o recebimento na moega até a saída para o ensaque. No entanto, observou-se que os estágios do processo que operam em sequência e influem direto na saída de material acabado e, conseqüentemente, na produtividade da fábrica são os realizados a partir da pesagem. Ou seja, partindo do princípio que as etapas anteriores trabalham corretamente (o que de fato historicamente se mostrou verdadeiro), devemos analisar as etapas de dosagem, pesagem, movimentação de material, mistura e saída de produto acabado para observar a performance de fabricação de ração. Vale ressaltar que dosagem e pesagem ocorrem simultaneamente, quando ao mesmo tempo as roscas dosadoras movimentam os materiais para a balança, enquanto ela afere suas massas.

Por este motivo, os cinco passos da Teoria das Restrições foram aplicados nas etapas entre dosagem e saída de material para buscar reduzir a restrição que originou o problema base deste projeto. Avaliando-se o tempo de processamento de cada equipamento, identificou-se o gargalo (passo 1 da TOC) como sendo o misturador, por executar a tarefa de maior duração. O tempo de execução de cada etapa entre pesagem e saída de material para cada formulação de produto estão indicados no Fluxograma 5, onde fica evidente a restrição imposta pelo misturador ao sistema.



Fluxograma 5 - Etapas de produção para avaliação de gargalos.
Fonte: Autoria própria.

As etapas de transporte apresentam tempos aparentemente baixos. Entretanto, nestes valores estão descontados os tempos de etapas sobrepostas. Refletem, portanto, o tempo que a primeira porção de material leva para chegar a próxima etapa. O tempo de enchimento do misturador, a partir da chegada da primeira porção de ração, é contabilizado no processo de mistura. A etapa de armazenamento não apresenta tempo estipulado pois serve como pulmão para aguardar o fim do estágio de mistura. Considerando que o menor tempo de pesagem dos produtos principais é 220,1 segundos e um ciclo de mistura dura 290 segundos (270s para enchimento do misturador e homogeneização, 20s para esvaziamento), o período de armazenamento neste caso será de 70 segundos, aproximadamente.

Para se decidir como explorar a restrição (passo 2), o dimensionamento do misturador foi aferido. Como resultado, verificou-se que este equipamento opera abaixo de sua capacidade volumétrica para todos os produtos Novanis, mas acima do mínimo recomendado de 50% da capacidade volumétrica, o que garante a uniformidade na mistura (TEIXEIRA et al., 2012). Não é possível explorar mais a restrição pois não há como aumentar o volume misturado por ciclo por causa da capacidade da balança, utilizada na etapa anterior, ser de duas toneladas.

Devido à natureza do processo, as demais etapas já estão subordinadas à restrição da produção pois só há liberação de material para ser direcionado à mistura após a finalização do ciclo do misturador, sem armazenamento intermediário excessivo. O terceiro passo da TOC já está, portanto, completo.

Foram assim verificados o gargalo do sistema, suas condições de funcionamento e seu dimensionamento.

4.4 Sugestões de Melhorias e Melhores Práticas

Este último grupo de atividades engloba a indicação de equipamentos que devem ser substituídos para readequação à configuração de projeto, recomendações de equipamentos que demandam o foco da manutenção e alterações na linha que

visam melhorar suas condições de operação e manutenção, com o intuito de se elevar a performance do processo como um todo.

A completude do primeiro objetivo específico forneceu um panorama das não conformidades encontradas entre quais deveriam ser os componentes operando a linha em relação aos instalados atualmente. Desta forma, uma lista com o maquinário que demanda substituição pôde ser elaborada.

Os fatores limitantes para o funcionamento correto da fábrica citados no capítulo introdutório mostraram-se presentes no cotidiano da empresa. Um reflexo relevante é a falta de registro de manutenção. Embora a gestão tenha ensaiado implementar diferentes modelos de execução da manutenção, inclusive um sistema simples de apontamento das intervenções realizadas para construção de um histórico de manutenção, a ideia não teve sequência devido à falta de colaboração dos responsáveis por alimentá-los na prática. Sendo assim, adotou-se como fonte para elencar quais elementos devem ter um maior foco da manutenção o histórico do cotidiano de fábrica (relatado pelos operadores), os equipamentos descaracterizados em relação ao projeto da linha de produção (indicando que já demandaram substituições) e os componentes mais exigidos durante o funcionamento da LP.

A observância do cotidiano da fabricação de ração, dificuldades encontradas na coleta de especificações de máquinas e o olhar externo trazido ao funcionamento da linha de produção auxiliaram na elaboração de propostas para melhoria de suas condições gerais.

O quarto passo da Teoria das Restrições corresponde a elevação da restrição. Ou seja, aumentar a capacidade do gargalo do sistema. Nesta análise, foram estudadas alternativas que reduzam o tempo de mistura. Atualmente, esta etapa tem a mesma duração para todos os produtos, embora suas diferentes formulações demandem períodos de homogeneização diferentes. Considerando que todos apresentam homogeneização satisfatória após os 290 segundos da etapa de mistura atual, este é um tempo seguro para uniformizar a ração e, muito provavelmente, os tempos deste processo sejam menores para cada produto.

Por isso, o mais adequado seria realizar um estudo adicional para se determinar qual deve ser o tempo de mistura específico para cada ração. Desta forma, cada produto teria uma etapa de mistura com duração específica, muito possivelmente menor do que a atual, o que reduziria o tempo total de fabricação e,

conseqüentemente, elevaria a produtividade da fábrica. Esta alternativa não foi abordada neste trabalho, mas, devido ao seu potencial, fica indicada como recomendação para outros trabalhos.

O que se abordou neste projeto foram possibilidades de se reduzir o tempo de mistura, independentemente do produto sendo processado, e mantendo-se o misturador que a empresa possui atualmente. Nesta ótica, três propostas de melhorias na produtividade foram elaboradas e estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Alternativas para aumento da capacidade produtiva do misturador.

Alternativa	Descrição
1	Adição de dispositivo para acelerar esvaziamento do misturador.
2	Dois misturadores com ciclos de 1500 kg.
3	Dois misturadores com ciclos de 2000 kg.

Fonte: Autoria própria.

Um ponto importante observado durante a análise da mistura foi o tempo de esvaziamento do misturador de 20 segundos. A adição de um dispositivo para acelerar este esvaziamento poderia reduzir o tempo da etapa de mistura, elevando a produtividade da linha com um custo relativamente baixo. Um elemento de sopro, utilizando a linha de ar comprimido já presente na fábrica seria uma alternativa a ser considerada.

Como a RTH e o EC que transportam o material pouco podem influenciar o tempo de enchimento do misturador sem que fujam das suas condições de operação recomendadas; e, o tempo de homogeneização não pode ser alterado sem um estudo prévio, buscou-se uma outra alternativa para a mistura. Infelizmente, há poucos trabalhos acadêmicos relacionados ao tema. Optou-se então por procurar possibilidades já praticadas na indústria. Uma delas, com grande influência positiva na performance produtiva, é utilizar dois misturadores operando paralelamente, mas com ciclos defasados. Desta forma, o tempo ocioso do material após a pesagem, quando fica armazenado aguardando o fim da etapa de mistura anterior para seguir ao misturador, é extinto.

Ao se implementar uma das alternativas propostas, o quarto passo da TOC é completo e a etapa de mistura deixa de ser a restrição do sistema. Ao se reiniciar o ciclo de melhoria contínua, a nova restrição do sistema será a fase de pesagem. O escopo deste trabalho não inclui este novo ciclo dos cinco passos.

5 RESULTADOS

Durante a proposta de projeto de pesquisa, foi sinalizada a intenção de se utilizar o mapeamento do fluxo de valor à linha de produção de ração para se evidenciar oportunidades de diminuição de desperdícios. Ao longo da execução do projeto, no entanto, verificou-se que o uso de tal técnica não traria os benefícios esperados por estar à margem do escopo do trabalho. Optou-se então por desenvolvê-lo aplicando a verificação *in loco* dos equipamentos, o Princípio de Pareto para determinação dos produtos principais dentre o *mix* de produção, a Teoria das Restrições para solução do gargalo produtivo e sugestões para melhores práticas baseadas em observações constatadas no decorrer do projeto.

A conferência dos equipamentos da linha de produção e sua comparação com os dimensionados em projeto foi concluída com êxito. Como resultado, constatou-se que os equipamentos – silos, balança, misturador, etc. – mantiveram-se adequados. A grande variação se deu nos componentes de acionamento, influenciando diretamente a velocidade de movimentação de materiais, realizada por roscas transportadoras helicoidais e elevadores de canecas.

Muitos motores e redutores apresentaram potência e relação de transmissão incorretas, respectivamente, para a aplicação que estavam sujeitos. Além disso, foi expressiva a instalação inadequada de polias. A combinação da presença constante destes três componentes com aplicação errônea fez com que 65,7% das roscas e elevadores estivessem operando com vazões inadequadas.

Curiosamente, as roscas transportadoras helicoidais apresentaram velocidades de rotação mais baixas que as recomendadas, ao passo que os elevadores operavam muito acima da velocidade indicada pelo fabricante. Além de influenciar negativamente a produtividade da linha durante seu funcionamento, a velocidade inadequada dos elevadores favorece seu travamento e a parada de toda a linha de produção. Ao se moverem muito rapidamente, as canecas não são capazes de coletar todo o material a ser movimentado, nem de liberá-lo completamente na saída do elevador de canecas, o que faz com o que ele se deposite no fundo da estrutura do elevador. Dependendo da quantidade de material presente no interior do EC, a correia é pressionada e sua movimentação travada, interrompendo todo o ciclo produtivo. De

fato, este travamento dos elevadores é um problema que ocorre com certa frequência na fábrica e a identificação da velocidade de operação inadequada deste equipamento, apontada neste projeto, pode ser uma das principais causas deste problema.

O confronto entre as especificações dos equipamentos atuais com os definidos no projeto original forneceu uma lista dos elementos que requerem substituição para readequação de acordo com o dimensionado pelo fabricante da linha de produção. Um documento contendo uma listagem de itens para substituição, propostas de ações de melhoria e orientações para montagem correta dos conjuntos de acionamento de equipamentos foi enviado a empresa. Parte deste material pode ser observada na Tabela 5.

Tabela 5 – Trecho de Documento de Orientação para Troca de Componentes.

Item	Equipamento	Ação de Melhoria
		...
9	RTH abastecimento - tulhas 01	Trocar polia de saída do motor: de 80 para 100
10	RTH abastecimento - tulhas 02	Trocar polia de entrada do redutor: de 80 para 100
		...
14	RTH abastecimento - moinhos 02	Trocar polia de saída do motor: de 70 para 80
15	RTH saída de material - moinho 01	Trocar polia de saída do motor: de 70 para 80
		...
24	RTH pulmão pós-balança	Trocar motor: de 10cv para 7,5cv Trocar polia de entrada do redutor: de 140 para 100
		...
29	EC tulha → moinhos 01	Trocar polia de saída do motor: 100 para 80 Trocar polia de entrada do redutor: de 100 para 320
		...
35	EC pulmão pós-misturador → ensaque	Trocar polia de saída do motor: 120 para 140 Trocar polia de entrada do redutor: de 140 para 400
		...

ORIENTAÇÕES

1) De maneira geral:

...

...

As reduções totais (polias + redutores, por exemplo) devem ser ajustadas para proporcionar velocidade de acionamento indicada neste documento.

...

6) Quando um redutor 10:1 estiver sendo utilizado em conjunto com motor de aprox. 1700 rpm, as polias de saída do motor e entrada do redutor devem ser de mesmo diâmetro.

...

12) As especificações de projeto para diâmetros de polia e redutores podem ser alteradas, desde que a vazão atual fique próxima da ideal (indicada nas abas deste documento).

...

Fonte: Autoria própria.

O alto índice de alterações em componentes de mesma natureza, aliado ao relato dos operadores da linha, indicou que correias, polias, redutores e motores devem ter uma atenção maior da equipe de manutenção. Por estar fora do escopo deste projeto, mostra-se aqui uma recomendação para trabalhos futuros, envolvendo a necessidade de se estabelecer um plano de manutenção para os equipamentos citados neste parágrafo. Busca-se com esta ação buscar garantir o funcionamento correto da linha de produção e evitar que substituições equivocadas destes componentes venham a interferir na operação dos equipamentos e movimentação de materiais. Ainda assim, o documento enviado para a empresa, representado na Tabela 5, indica os componentes que demandam atenção para manutenção.

As possibilidades de mudanças na etapa de mistura, ao se alterar o equipamento gargalo, proporcionaram um ganho efetivo de produtividade. O impacto de cada alternativa proposta no resultado da linha de produção está descrito na Tabela 6.

Tabela 6 - Alternativas para Aumento de Produtividade.

Alternativa	Descrição	Aumento na Produtividade
1	Adição de dispositivo para acelerar esvaziamento do misturador.	2,7%
2	Dois misturadores com ciclos de 1500 kg.	9,6%
3	Dois misturadores com ciclos de 2000 kg.	10,8%

Fonte: Autoria própria.

Se o tempo de esvaziamento for reduzido pela metade, pode-se obter um aumento de 2,7% na produtividade da linha. No entanto, o misturador não deixa de ser a restrição do processo para todos os produtos do *mix*.

As melhores alternativas são as que extinguem o tempo ocioso do material entre as etapas de pesagem e mistura. Neste contexto, avaliou-se duas opções. A primeira seria adicionar um outro misturador, porém de menor capacidade (1500kg), visto que o misturador atual pode operar esta massa sem perda da capacidade de homogeneização, segundo Teixeira et al. (2012). Além disso, o tempo de etapa de pesagem também é reduzido devido a menor quantidade de material envolvida. Como resultado, seria alcançado um aumento de 9,6% na capacidade produtiva.

A segunda opção é instalar outro misturador de 2000kg. Neste caso, seria alcançado o maior aumento na produtividade avaliado, 10,8%, o que representa aproximadamente 1300 toneladas/ano.

O modelo da fábrica demanda um recipiente de armazenamento, que deve ser posicionado logo após o misturador e servirá como pulmão para absorver quaisquer variações de fluxo produtivo provenientes da embalagem ou carregamento. Para se estimar o valor do investimento necessário, o custo destes equipamentos foi orçado junto ao fabricante da linha de produção. Os montantes estão indicados na Tabela 7.

Tabela 7 - Custo dos Equipamentos.

Equipamento	Alternativa 2 (Mist. 1500kg)	Alternativa 3 (Mist. 2000kg)
Misturador	R\$ 63.000,00	R\$ 72.000,00
Pulmão	R\$ 23.000,00	R\$ 23.000,00
Total	R\$ 86.000,00	R\$ 95.000,00

Fonte: Havro Metalúrgica.

Esperava-se definir uma alternativa para incremento da produtividade da linha de ração para bovinos que não envolvesse um investimento deste porte. Entretanto, não se encontrou outra alternativa senão indicar esta alteração. Como não se tem conhecimento das margens de lucro praticadas pela empresa, não é possível calcular o tempo de retorno deste investimento. Mesmo assim, esta oportunidade de ganho será apresentada à empresa para que possa embasar um estudo de viabilidade econômica destas sugestões de melhorias.

A avaliação das especificações dos equipamentos definidas no projeto da linha permitiu constatar que a capacidade produtiva nominal declarada de 20 toneladas por hora baseia-se apenas no tempo de mistura. Ou seja, foram negligenciadas quaisquer variações durante o processo, bem como tempos de transporte de material, considerando-se apenas condições ideais de operação.

Para se verificar qual é a real capacidade de projeto desta fábrica, determinou-se todas as capacidades volumétricas das etapas de armazenamento e as vazões volumétricas dos equipamentos que processam e movimentam os materiais, conforme as especificações do fabricante, além das densidades das matérias-primas e produtos acabados, e os tempos de início da linha. Assim, redefiniu-se a capacidade nominal

original da linha como 17 toneladas por hora, valor médio proveniente de um turno de 8 horas de produção.

O mesmo dimensionamento foi novamente realizado. Mas, desta vez, utilizando as especificações dos equipamentos instalados atualmente na fábrica que foram conferidas nas fases iniciais deste projeto. Também se adotou a diretriz de se determinar a capacidade como um valor médio baseado em um turno de operação. Porém, aspectos culturais da empresa, como intervalos durante o turno de produção, observados durante os dias de visita à Novanis foram levados em conta nos cálculos por influenciarem no total de horas efetivas de operação da linha. Sendo assim, definiu-se a capacidade atual da linha de produção como sendo 13 toneladas por hora, aproximadamente. Desta forma, as propostas para aumento da performance da LP fariam com que sua capacidade real passasse a ser 14,5 toneladas por hora, levadas em conta todas as características de operação da linha.

6 CONCLUSÕES

O projeto de pesquisa descrito nos capítulos deste trabalho procurou avaliar as condições operacionais dos equipamentos empregados na linha de produção de rações para bovinos da unidade fabril matriz da empresa Novanis para aumentar sua capacidade produtiva.

Para tanto, foram efetuadas visitas à fábrica para acompanhamento do cotidiano da produção, conferência de equipamentos e estudo do processo produtivo. Também foram realizadas análises do projeto da LP e cálculos para reengenharia do ciclo produtivo. Todas as atividades seguiram um planejamento calcado em métodos amplamente aplicados no âmbito da gestão da produção.

Com a verificação de especificações dos equipamentos instalados atualmente em relação ao projeto da fábrica, constatou-se que 65,7% das roscas transportadoras helicoidais e dos elevadores de canecas operam com velocidades inadequadas devido à instalação incorreta dos componentes responsáveis pelo seu acionamento (motores elétricos, redutores e polias).

A necessidade de substituição destes itens, aliada à importância que eles possuem para o funcionamento adequado da fábrica, motivou a elaboração de um documento que indica todas as ações de melhorias pontuais necessárias para readequar a operação dos equipamentos conforme definido em seu projeto. Também estão presentes neste arquivo sugestões e orientações que guiam o manejo adequado desses elementos, visando evitar nova descaracterização do maquinário.

A identificação dos produtos principais baseou-se no Princípio de Pareto e utilizou o volume de produção de cada produto comercial da empresa. Com resultado, atestou-se que 20% das mercadorias são responsáveis por aproximadamente 80% do volume fabricado durante 12 meses consecutivos, o que indicou quais são os produtos mais relevantes para embasar o estudo da linha de produção e ainda validou mais uma vez a Lei de Pareto.

Fundamentada nas propriedades dos produtos principais da empresa e nos cinco passos da Teoria das Restrições, a análise dos equipamentos permitiu identificar o gargalo de produção. Foram propostas três alternativas para elevar sua performance, dentre as quais uma se destacou por proporcionar um aumento de

aproximadamente 11% na capacidade produtiva da linha de ração ao reduzir tempos ociosos de material entre as etapas de pesagem e mistura.

O estudo dos equipamentos e materiais envolvidos no sistema produtivo permitiu recalcular a capacidade nominal de projeto da fabricação de ração, que passou de 20 para 17 toneladas por horas ao se considerar estágios importantes, como o início da produção, e características operacionais da empresa. Esta mesma metodologia foi aplicada na definição da capacidade atual de produção de 13 toneladas/hora, devido as dificuldades operacionais enfrentadas. Os cálculos de ambas capacidades podem ser observados nos apêndices A e B, respectivamente.

Os objetivos específicos foram estabelecidos de forma a guiar a realização de diversas atividades que contribuíram para buscar se atingir o objetivo principal deste trabalho, elevar a capacidade produtiva da linha. Todos foram concluídos e proporcionaram o desenvolvimento de uma proposta plausível de melhoria da performance de fabricação de ração da empresa estudada.

O desafio da realização das tarefas aqui propostas demandou estudo e dedicação do autor para abordar temas desconhecidos, num contexto fabril ímpar, contribuindo muito para seu enriquecimento profissional e desenvolvimento pessoal. Embora este projeto tenha se proposto a avaliar somente os equipamentos, diversos aspectos alheios ao seu escopo que poderiam auxiliar o objetivo principal deste trabalho foram observados durante sua execução. Alguns deles geraram oportunidades de análises futuras e serão aqui citados como recomendações para trabalhos futuros:

- Desenvolvimento de método padronizado de identificação de equipamentos para permitir localização e rastreabilidade.
- Estudo de balanceamento de linha de produção.
- Estudo para redução de *buffers* intermediários.
- Determinação de tempo de homogeneização específico de cada ração.
- Desenvolvimento de plano de manutenção preventiva para itens com alto índice de substituição.

Estas recomendações podem auxiliar a empresa a melhorar as condições de fabricação de ração para bovinos abordando outros fatores alheios ao escopo deste trabalho. Dentre o proposto para a realização deste projeto, seus objetivos foram concluídos com êxito e uma solução para a situação-problema foi determinada.

REFERÊNCIAS

ALCIATORE, David G.; HISTAND, Michael B. **Introdução à Mecatrônica e aos Sistemas de Medições**. 4ª edição. Porto Alegre: Editora McGraw-Hill, 2014.

ALVES, Alessandro P.; SILVA, Tatiane G.; ALMEIDA, Rodrigo; COGAN, Samuel. **Utilizando os Passos da Teoria das Restrições para a Melhoria Contínua da Produção: um Estudo Aplicado a uma Fábrica de Jeans**. Revista ADM.MADE, ano 11, v.15, n.1, p.93-114, janeiro/abril, 2011.

AMBIENTE BRASIL. **Cerrado – Clima e Hidrografia**. Disponível em: < http://ambientes.ambientebrasil.com.br/natural/biomas/cerrado_-_clima_e_hidro-grafia.html >. Acesso em: 20 de outubro de 2015.

ASSOCIAÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E EMPRESARIAL DE RONDONÓPOLIS (ACIR). **Perfil Rondonópolis 2014 – Geografia, Demografia, Economia**. Disponível em: < http://www.acirmt.com.br/docs/Projeto_Perfil_Rondonopolis_2015_impress_o.-pdf >. Acesso em: 29 de outubro de 2015.

BAÊTA, Fernando da Costa. **Estruturas e Edificações Rurais**. Apostila de Curso de Graduação – Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: < <http://www.ufv.br/-dea/ambiagro/gallery/publicacoes.html> >. Acesso em: 10 de novembro de 2015.

BELINCANTA, Fabricio P.; NERY, Marlon L.; SAMED, Márcia M. A. **Otimização da produção segundo a teoria das restrições: análise de suas aplicações em uma indústria de embalagens plásticas**. 13º Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru: UNESP, 2006.

BELLAVER, Cláudio; MAZZUCO, Helene. **Fábrica de Rações**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2015. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/frango_de_corte/arvore/CONT000fc69luvv02wx5eo0a2ndxyagjbjq0z.html# >. Acesso em: 26 de outubro de 2015.

CASTRO, Gisele de S.; AMARAL, Marco A.; RODRIGUES, Ricardo A. T.; COGAN, Samuel. **Os princípios da teoria das restrições aplicados à geração de energia termelétrica**. 8º Congresso USP de Controladoria e Contabilidade. São Paulo: FEA/USP, 2008.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **PIB Agro CEPEA-USP/CNA**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015. Disponível em: < <http://cepea.esalq.usp.br/pib/> >. Acesso em: 20 de outubro de 2015.

CORREIA, Pedro F. V. **Concepção e Dimensionamento de Silos de Betão Armado**. 2008. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2008. Disponível em: < <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/59443> >. Acesso em: 15 de abril de 2016.

FIGUEIRA, Hedda V. O.; LUZ, Adão B.; ALMEIDA, Salvador L. M. de. **Tratamento de Minérios**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010.

G1 BRASIL. **Trabalhadores rurais bloqueiam rodovia em MT**. 1 fotografia, colorida. Disponível em: < <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2011/04/trabalhadores-rurais-bloqueiam-rodovia-em-mt.html> >. Acesso em: 27 de outubro de 2015.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A Meta: um processo de melhoria contínua**. 2ª edição. São Paulo: Nobel, 2002.

GRAEFF, Romeu. **Guia de Armazenagem - Manual prático para operar uma unidade armazenadora**. São Paulo, 2005.

GRECO TECNOLOGIA EM EQUIPAMENTOS. **Transportadores**. 1 fotografia, colorida. Disponível em: < <http://www.grecomaquinas.com.br/transportadores.html> >. Acesso em: 11 de novembro de 2015.

GRUPO BUSCARIOLI. **Redutor Cestari Magmak**. 1 fotografia, colorida. Disponível em: < <http://www.buscarioli.com.br/redutor-magmak.html> >. Acesso em: 22 de maio de 2016.

KOCH, Richard. **The 80/20 Principle: The Secret to Achieving More with Less**. 2ª edição. Nova York: Doubleday, 2008.

METALÚRGICA SANTA RITA. **Elevador de Canecas**. 1 imagem, preto e branco. Disponível em: < <http://www.msr.com.br/ct/curiosidades/elevador-de-canecas/> >. Acesso em: 11 de novembro de 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa nº 04/2007**. Brasília: MAPA, 2007. Disponível em: < <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1864199569> >. Acesso em: 28 de outubro de 2015.

_____. **Brasil é o terceiro maior produtor de rações do mundo**. Brasília: MAPA, 2013. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/animal/noticias/2013/12/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-racoes-do-mundo> >. Acesso em: 28 de outubro de 2015.

_____. **Projeções do Agronegócio – Brasil 2014/15 a 2024/25**. Brasília: MAPA, 2015. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/PROJECOES_DO_AGRONEGOCIO_2025_WEB.pdf >. Acesso em: 20 de outubro de 2015.

NOVANIS. **A Empresa**. Disponível em: < <http://novanis.com.br> >. Acesso em: 27 de outubro de 2015.

PALINI E ALVES MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Silo Metálico Retangular**. 1 fotografia, colorida. Disponível em: < <http://www.palinalves.com.br/equipamento.php?equip=14-8&produto=PA-SILOMET> >. Acesso em: 10 de novembro de 2015.

PINTO, Alan K.; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

PORTAL CÉLULA DE CARGA. **Definição de Célula de Carga**. Disponível em: < http://www.celuladecarga.com.br/portal/?page_id=8 >. Acesso em: 11 de novembro de 2015.

ROCHA EQUIPAMENTOS. **Produtos – Moega de Recebimento**. 1 fotografia, colorida. Disponível em: < <http://www.rochaequipamentos.ind.br/index.php?pg=produtos> >. Acesso em: 13 de novembro de 2015.

ROSA, Thiago K. **Metodologia para Utilização da Teoria das Restrições com a Análise do Fluxo de Valor Estendido**. 2007. 48p. Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2007. Disponível em: < http://www.producao.joinville.udesc.br/tgeps/tgeps/2-007-01/2007_1_tcc15.pdf >. Acesso em: 20 de abril de 2016.

RUDENKO, N. **Máquinas de Elevação e Transporte**. São Paulo: Editora LTC, 1976.

SACRAMENTO, Roberto C. F. **Transporte Mecânico**. Apostila de Curso de Graduação - Universidade Federal da Bahia, 2015. Disponível em: < <http://www.transportede-graneis.ufba.br/> >. Acesso em: 11 de novembro de 2015.

SANTOS, Javier; WYSK, Richard A.; TORRES, Jose M. **Otimizando a Produção com a Metodologia Lean**. São Paulo: Leopardo Editora, 2009.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3ª edição. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2009.

SILVA, Luís C. **Estruturas para armazenagem de grãos a granel**. Boletim Técnico – Universidade Federal do Espírito Santo, 2010. Disponível em: < http://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf >. Acesso em: 12 de novembro de 2015.

TEIXEIRA, Mauri M.; RIZZO, Rafael; DETMANN, Edenio; MOREIRA, Raphael M. G.; SASSAKI, Robson S. **Avaliação da qualidade da mistura de ração em misturador horizontal considerando a homogeneidade dos ingredientes**. Enciclopédia Biosfera, v. 8, p. 123-131, 2012.

VERMA, Rohit. **Management Science, Theory of Constraints/Optimized Production Technology And Local Optimization**. Omega, International Journal of Management, v.25, n.2, p. 189-200, 1997.

WATSON, Kevin J.; BLACKSTONE, John H.; GARDINER, Stanley C. **The evolution of a management philosophy: The Theory of Constraints**. Journal of Operations Management, n. 25, p. 387-402, 2007.

WEG. **Guia Prático de Treinamento Comercial – Motores Elétricos**. 1 fotografia, colorida. Jaraguá do Sul, 2015. Disponível em: < <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/-WEG-guia-pratico-de-treinamento-de-motores-eletricos-50009256-guia-rapido-portugues-br.pdf> >. Acesso em: 30 de abril de 2016.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A – DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE PROJETO DA LINHA DE PRODUÇÃO

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)					Produto 1			Produto 2			Produto 3			Produto 4			
Etapa	Equipamento	Material	Densida de do Material [kg/m³]	Vazão de Equipamento [m³/h]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]	
Transporte das Tulhas para Moinhos	RTH embaixo das tulhas 01	MP A	741,33	42,51	0,81	600,00	68,55	0,81	600,00	68,55	0,40	300,00	34,27	0,81	600,00	68,55	
		MP B	276,00		1,81	500,00	153,43	1,81	500,00	153,43	1,81	500,00	153,43	1,81	500,00	153,43	
		MP C	802,67		0,67	537,08	56,67	0,75	599,46	63,25	1,23	985,94	104,03	0,63	507,88	53,59	
	RTH embaixo das tulhas 02	MP D	403,83	42,51	0,72	291,32	61,10	0,51	204,20	42,83	0,28	111,56	23,40	0,73	295,76	62,03	
		MP A	741,33		0,81	600,00	68,55	0,81	600,00	68,55	0,40	300,00	34,27	0,81	600,00	68,55	
		MP B	276,00		1,81	500,00	153,43	1,81	500,00	153,43	1,81	500,00	153,43	1,81	500,00	153,43	
	EC Tulha → moinhos 01	MP A	741,33	27,18	0,81	600,00	107,18	0,81	600,00	107,18	0,40	300,00	53,59	0,81	600,00	107,18	
		MP B	276,00		1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	
		MP C	802,67		0,67	537,08	88,61	0,75	599,46	98,90	1,23	985,94	162,67	0,63	507,88	83,79	
	EC Tulha → moinhos 02	MP D	403,83	27,18	0,72	291,32	95,53	0,51	204,20	66,96	0,28	111,56	36,58	0,73	295,76	96,99	
		MP A	741,33		0,81	600,00	107,18	0,81	600,00	107,18	0,40	300,00	53,59	0,81	600,00	107,18	
		MP B	276,00		1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	
	RTH de abastecimento de moinhos 01	MP A	741,33	168,77	0,81	600,00	17,26	0,81	600,00	17,26	0,40	300,00	8,63	0,81	600,00	17,26	
		MP B	276,00		1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	
		MP C	802,67		0,67	537,08	14,27	0,75	599,46	15,93	1,23	985,94	26,20	0,63	507,88	13,50	
	RTH de abastecimento de moinhos 02	MP D	403,83	168,77	0,72	291,32	15,39	0,51	204,20	10,79	0,28	111,56	5,89	0,73	295,76	15,62	
		MP A	741,33		0,81	600,00	17,26	0,81	600,00	17,26	0,40	300,00	8,63	0,81	600,00	17,26	
		MP B	276,00		1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	
	Moagem	Moinho 01	MP D	403,83	100,00	0,72	291,32	104,88	0,51	204,20	73,51	0,28	111,56	40,16	0,73	295,76	106,47
			MP A	741,33	100,00	0,81	600,00	216,00	0,81	600,00	216,00	0,40	300,00	108,00	0,81	600,00	216,00
			MP B	276,00	100,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00
Moinho 02		MP C	802,67	100,00	0,67	537,08	193,35	0,75	599,46	215,81	1,23	985,94	354,94	0,63	507,88	182,84	
		MP D	403,83	50,00	0,72	291,32	209,75	0,51	204,20	147,02	0,28	111,56	80,32	0,73	295,76	212,95	
		MP A	741,33	50,00	0,81	600,00	432,00	0,81	600,00	432,00	0,40	300,00	216,00	0,81	600,00	432,00	
		MP B	276,00	50,00	1,81	500,00	360,00	1,81	500,00	360,00	1,81	500,00	360,00	1,81	500,00	360,00	

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)				Produto 1				Produto 2				Produto 3				Produto 4			
Etapa	Equipamento	Material	Densida de do Material [kg/m³]	Vazão de Equipam ento [m³/h]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]			
Transporte dos Moinhos para Dosagem	Moinho 03	MP C	802,67	50,00	0,67	537,08	386,70	0,75	599,46	431,61	1,23	985,94	709,88	0,63	507,88	365,67			
		MP D	403,83	100,00	0,72	291,32	104,88	0,51	204,20	73,51	0,28	111,56	40,16	0,73	295,76	106,47			
		MP A	741,33	100,00	0,81	600,00	216,00	0,81	600,00	216,00	0,40	300,00	108,00	0,81	600,00	216,00			
	RTH de saída de material do moinho 01	MP B	276,00	100,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00			
		MP C	802,67	100,00	0,67	537,08	193,35	0,75	599,46	215,81	1,23	985,94	354,94	0,63	507,88	182,84			
		MP D	403,83	42,02	0,72	291,32	61,81	0,51	204,20	43,32	0,28	111,56	23,67	0,73	295,76	62,75			
		MP A	741,33		0,81	600,00	69,34	0,81	600,00	69,34	0,40	300,00	34,67	0,81	600,00	69,34			
		MP B	276,00		1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21			
		MP C	802,67		0,67	537,08	57,33	0,75	599,46	63,99	1,23	985,94	105,24	0,63	507,88	54,21			
	RTH de saída de material do moinho 02	MP D	403,83	42,02	0,72	291,32	61,81	0,51	204,20	43,32	0,28	111,56	23,67	0,73	295,76	62,75			
		MP A	741,33		0,81	600,00	69,34	0,81	600,00	69,34	0,40	300,00	34,67	0,81	600,00	69,34			
		MP B	276,00		1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21			
	RTH de saída de material do moinho 03	MP C	802,67		0,67	537,08	57,33	0,75	599,46	63,99	1,23	985,94	105,24	0,63	507,88	54,21			
		MP D	403,83	42,02	0,72	291,32	61,81	0,51	204,20	43,32	0,28	111,56	23,67	0,73	295,76	62,75			
		MP A	741,33		0,81	600,00	69,34	0,81	600,00	69,34	0,40	300,00	34,67	0,81	600,00	69,34			
	EC Moinho → dosagem 01	MP B	276,00		1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21			
		MP C	802,67		0,67	537,08	57,33	0,75	599,46	63,99	1,23	985,94	105,24	0,63	507,88	54,21			
		MP D	403,83	39,80	0,72	291,32	65,25	0,51	204,20	45,74	0,28	111,56	24,99	0,73	295,76	66,24			
	EC Moinho → dosagem 02	MP A	741,33		0,81	600,00	73,21	0,81	600,00	73,21	0,40	300,00	36,60	0,81	600,00	73,21			
		MP B	276,00		1,81	500,00	163,86	1,81	500,00	163,86	1,81	500,00	163,86	1,81	500,00	163,86			
		MP C	802,67		0,67	537,08	60,52	0,75	599,46	67,55	1,23	985,94	111,10	0,63	507,88	57,23			
	EC Moinho → dosagem 03	MP D	403,83	27,18	0,72	291,32	95,53	0,51	204,20	66,96	0,28	111,56	36,58	0,73	295,76	96,99			
		MP A	741,33		0,81	600,00	107,18	0,81	600,00	107,18	0,40	300,00	53,59	0,81	600,00	107,18			
		MP B	276,00		1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91			
EC Moinho → dosagem 03	MP C	802,67		0,67	537,08	88,61	0,75	599,46	98,90	1,23	985,94	162,67	0,63	507,88	83,79				
	MP D	403,83	27,18	0,72	291,32	95,53	0,51	204,20	66,96	0,28	111,56	36,58	0,73	295,76	96,99				
	MP A	741,33		0,81	600,00	107,18	0,81	600,00	107,18	0,40	300,00	53,59	0,81	600,00	107,18				
		MP B	276,00		1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91	1,81	500,00	239,91			

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)																			
Etapa	Equipamento	Material	Densida de do Material [kg/m³]	Vazão de Equipam ento [m³/h]	Volume de Material [m³]	Produto 1			Produto 2			Produto 3			Produto 4				
						Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]			
Pesagem	Abastecimento Lateral	1	Macro- nutriente D	1,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		2	Macro- nutriente E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,58	11,72	
		3	Macro- nutriente F	1335	6,20	0,02	30,00	13,06	0,03	36,00	15,67	0,03	40,00	17,41	0,03	36,00	15,67		
		4	Macro- nutriente G	2,165	2705,94	4,99	10,80	6,64	6,24	13,50	8,30	4,62	10,00	6,15	6,24	13,50	8,30		
		5	Macro- nutriente H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		6	Premix	-	-	-	2,32	7,43	-	3,10	9,92	-	2,50	8,00	-	3,10	9,92		
Pesagem	Balança	Produto 1	566,00	1817,26	3,53	2000,00	251,28	3,53	2000,00	-	3,53	2000,00	-	3,53	2000,00	-			
		Produto 2	638,00	1612,18	3,13	2000,00	-	3,13	2000,00	250,56	3,13	2000,00	-	3,13	2000,00	-			
		Produto 3	628,00	1637,85	3,18	2000,00	-	3,18	2000,00	-	3,18	2000,00	227,10	3,18	2000,00	-			
		Produto 4	616,00	1669,76	3,25	2000,00	-	3,25	2000,00	-	3,25	2000,00	-	3,25	2000,00	270,29			
Transporte do Pulmão/Balança para Misturador	RTH Pulmão pós-balança	Produto 1	566,00	94,04	3,53	2000,00	135,27	3,53	2000,00	135,27	3,53	2000,00	135,27	3,53	2000,00	135,27			
		Produto 2	638,00	-	3,13	2000,00	120,00	3,13	2000,00	120,00	3,13	2000,00	120,00	3,13	2000,00	120,00			
		Produto 3	628,00	-	3,18	2000,00	121,91	3,18	2000,00	121,91	3,18	2000,00	121,91	3,18	2000,00	121,91			
		Produto 4	616,00	-	3,25	2000,00	124,29	3,25	2000,00	124,29	3,25	2000,00	124,29	3,25	2000,00	124,29			
Mistura	EC Pulmão pós-balança → peneira rotativa	Produto 1	566,00	75,71	3,53	2000,00	168,01	3,53	2000,00	168,01	3,53	2000,00	168,01	3,53	2000,00	168,01			
		Produto 2	638,00	-	3,13	2000,00	149,05	3,13	2000,00	149,05	3,13	2000,00	149,05	3,13	2000,00	149,05			
		Produto 3	628,00	-	3,18	2000,00	151,42	3,18	2000,00	151,42	3,18	2000,00	151,42	3,18	2000,00	151,42			
		Produto 4	616,00	-	3,25	2000,00	154,37	3,25	2000,00	154,37	3,25	2000,00	154,37	3,25	2000,00	154,37			
Mistura	Peneira rotativa	Produto 1	566,00	2544,17	3,53	2000,00	5,00	3,53	2000,00	5,00	3,53	2000,00	5,00	3,53	2000,00	5,00			
		Produto 2	638,00	2257,05	3,13	2000,00	5,00	3,13	2000,00	5,00	3,13	2000,00	5,00	3,13	2000,00	5,00			
		Produto 3	628,00	2292,99	3,18	2000,00	5,00	3,18	2000,00	5,00	3,18	2000,00	5,00	3,18	2000,00	5,00			
		Produto 4	616,00	2337,66	3,25	2000,00	5,00	3,25	2000,00	5,00	3,25	2000,00	5,00	3,25	2000,00	5,00			
	Misturador	Produto 1	566,00	43,86	3,53	2000,00	290,00	3,53	2000,00	290,00	3,53	2000,00	290,00	3,53	2000,00	290,00			
		Produto 2	638,00	38,91	3,13	2000,00	290,00	3,13	2000,00	290,00	3,13	2000,00	290,00	3,13	2000,00	290,00			

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)					Produto 1		Produto 2		Produto 3		Produto 4					
Etapa	Equipamento	Material	Densida de do Material [kg/m³]	Vazão de Equipam ento [m³/h]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]
Transporte do Misturador para Ensaque	RTH Pulmão pós-misturador	Produto 3	628,00	39,53	3,18	2000,00	290,00	3,18	2000,00	290,00	3,18	2000,00	290,00	3,18	2000,00	290,00
		Produto 4	616,00	40,30	3,25	2000,00	290,00	3,25	2000,00	290,00	3,25	2000,00	290,00	3,25	2000,00	290,00
		Produto 1	566,00	92,97	3,53	2000,00	136,82	3,53	2000,00	136,82	3,53	2000,00	136,82	3,53	2000,00	136,82
		Produto 2	638,00		3,13	2000,00	121,38	3,13	2000,00	121,38	3,13	2000,00	121,38	3,13	2000,00	121,38
		Produto 3	628,00		3,18	2000,00	123,31	3,18	2000,00	123,31	3,18	2000,00	123,31	3,18	2000,00	123,31
		Produto 4	616,00		3,25	2000,00	125,71	3,25	2000,00	125,71	3,25	2000,00	125,71	3,25	2000,00	125,71
	EC Pulmão pós-misturador → ensaque	Produto 1	566,00	68,08	3,53	2000,00	186,86	3,53	2000,00	186,86	3,53	2000,00	186,86	3,53	2000,00	186,86
		Produto 2	638,00		3,13	2000,00	165,78	3,13	2000,00	165,78	3,13	2000,00	165,78	3,13	2000,00	165,78
		Produto 3	628,00		3,18	2000,00	168,42	3,18	2000,00	168,42	3,18	2000,00	168,42	3,18	2000,00	168,42
		Produto 4	616,00		3,25	2000,00	171,70	3,25	2000,00	171,70	3,25	2000,00	171,70	3,25	2000,00	171,70
		Produto 1	566,00	173,71	3,53	2000,00	73,23	3,53	2000,00	73,23	3,53	2000,00	73,23	3,53	2000,00	73,23
		Produto 2	638,00		3,13	2000,00	64,97	3,13	2000,00	64,97	3,13	2000,00	64,97	3,13	2000,00	64,97
Ensaque	RTH elevador pós- misturador → ensaque	Produto 3	628,00		3,18	2000,00	66,00	3,18	2000,00	66,00	3,18	2000,00	66,00	3,18	2000,00	66,00
		Produto 4	616,00		3,25	2000,00	67,29	3,25	2000,00	67,29	3,25	2000,00	67,29	3,25	2000,00	67,29
		Produto 1	566,00	20,24	3,53	2000,00	628,42	3,53	2000,00	628,42	3,53	2000,00	628,42	3,53	2000,00	628,42
		Produto 2	638,00	20,24	3,13	2000,00	557,50	3,13	2000,00	557,50	3,13	2000,00	557,50	3,13	2000,00	557,50
	Enscadora	Produto 3	628,00	20,24	3,18	2000,00	566,38	3,18	2000,00	566,38	3,18	2000,00	566,38	3,18	2000,00	566,38
		Produto 4	616,00	20,24	3,25	2000,00	577,41	3,25	2000,00	577,41	3,25	2000,00	577,41	3,25	2000,00	577,41
		Tempo total para fluxo contínuo (etapas independentes)	Enscada				4921,56			4686,06			4597,73			4807,43
			Granel				4293,14			4128,56			4031,35			4230,02
Tempo total para fluxo contínuo a partir da dosagem (etapas independentes)	Enscada				1874,89			1724,24			1719,55			1786,06		
	Granel				1246,47			1166,74			1153,17			1208,65		
Tempo total para fluxo contínuo a partir da dosagem (etapas sobrepostas)	Enscada				1208,14			1136,51			1121,92			1176,14		
	Granel				579,72			579,01			555,55			598,73		
Capacidade produtiva para etapas sobrepostas (granel) [ton/h]					12,42			12,44			12,96			12,03		
Tempo efetivo de processo a partir da pesagem		Balança				251,28			250,56			227,10			270,29	
		RT Pulmão pós-balança				8,15			8,15			8,15			8,15	
		EC Pulmão pós-balança → peneira rotativa				12,00			12,00			12,00			12,00	

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)																
Etapa	Equipamento	Material	Densidade do Material [kg/m ³]	Vazão de Equipamento [m ³ /h]	Produto 1			Produto 2			Produto 3			Produto 4		
					Volume de Material [m ³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m ³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m ³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m ³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]
				Misturador			290,00			290,00			290,00			290,00
				RT Pulmão pós-misturador			5,40			5,40			5,40			5,40
				EC Pulmão pós-misturador → ensaque			16,20			16,20			16,20			16,20
				RT elevador pós-misturador → ensaque			11,69			11,69			11,69			11,69
				Ensacadora			628,42			557,50			566,38			577,41
				1ª Batida completa [min]			20,47			19,28			19,03			19,94
				Tempo de batida para operação contínua [min]			6,41			6,28			6,29			6,31
				Capacidade produtiva para fluxo contínuo de produção [ton/h]			18,71			19,12			19,07			19,00
				Capacidade produtiva para um turno de operação [ton/h]			17			17			17			17

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE B – DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA REAL DA LINHA DE PRODUÇÃO

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)					Produto 1		Produto 2		Produto 3		Produto 4						
Etapa	Equipamento	Material	Densidade do Material [kg/m³]	Vazão de Equipamento [m³/h]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]	
Transporte das Tulhas para Moinhos	RTH embaixo das tulhas 01	MP A	741,33	26,18	0,81	600,00	111,27	0,81	600,00	111,27	0,40	300,00	55,64	0,81	600,00	111,27	
		MP B	276,00		1,81	500,00	249,07	1,81	500,00	249,07	1,81	500,00	249,07	1,81	500,00	249,07	
		MP C	802,67		0,67	537,08	91,99	0,75	599,46	102,68	1,23	985,94	168,88	0,63	507,88	86,99	
	RTH embaixo das tulhas 02	MP D	403,83	22,67	0,72	291,32	114,56	0,51	204,20	80,30	0,28	111,56	43,87	0,73	295,76	116,30	
		MP A	741,33		0,81	600,00	128,53	0,81	600,00	128,53	0,40	300,00	64,26	0,81	600,00	128,53	
		MP B	276,00		1,81	500,00	287,68	1,81	500,00	287,68	1,81	500,00	287,68	1,81	500,00	287,68	
	EC Tulha → moinhos 01	MP A	741,33	107,79	0,81	600,00	27,03	0,81	600,00	27,03	0,40	300,00	13,52	0,81	600,00	27,03	
		MP B	276,00		1,81	500,00	60,50	1,81	500,00	60,50	1,81	500,00	60,50	1,81	500,00	60,50	
		MP C	802,67		0,67	537,08	22,35	0,75	599,46	24,94	1,23	985,94	41,02	0,63	507,88	21,13	
	EC Tulha → moinhos 02	MP D	403,83	90,61	0,72	291,32	28,66	0,51	204,20	20,09	0,28	111,56	10,98	0,73	295,76	29,10	
		MP A	741,33		0,81	600,00	32,15	0,81	600,00	32,15	0,40	300,00	16,08	0,81	600,00	32,15	
		MP B	276,00		1,81	500,00	71,97	1,81	500,00	71,97	1,81	500,00	71,97	1,81	500,00	71,97	
	RTH de abastecimento de moinhos 01	MP A	741,33	168,77	0,81	600,00	17,26	0,81	600,00	17,26	0,40	300,00	8,63	0,81	600,00	17,26	
		MP B	276,00		1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	1,81	500,00	38,64	
		MP C	802,67		0,67	537,08	14,27	0,75	599,46	15,93	1,23	985,94	26,20	0,63	507,88	13,50	
	RTH de abastecimento de moinhos 02	MP D	403,83	147,67	0,72	291,32	17,59	0,51	204,20	12,33	0,28	111,56	6,73	0,73	295,76	17,85	
		MP A	741,33		0,81	600,00	19,73	0,81	600,00	19,73	0,40	300,00	9,87	0,81	600,00	19,73	
		MP B	276,00		1,81	500,00	44,16	1,81	500,00	44,16	1,81	500,00	44,16	1,81	500,00	44,16	
	Moagem	Moinho 01	MP D	403,83	100,00	0,72	291,32	104,88	0,51	204,20	73,51	0,28	111,56	40,16	0,73	295,76	106,47
			MP A	741,33	100,00	0,81	600,00	216,00	0,81	600,00	216,00	0,40	300,00	108,00	0,81	600,00	216,00
MP B			276,00	100,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	
MP C			802,67	100,00	0,67	537,08	193,35	0,75	599,46	215,81	1,23	985,94	354,94	0,63	507,88	182,84	
Moinho 02		MP D	403,83	50,00	0,72	291,32	209,75	0,51	204,20	147,02	0,28	111,56	80,32	0,73	295,76	212,95	
		MP A	741,33	50,00	0,81	600,00	432,00	0,81	600,00	432,00	0,40	300,00	216,00	0,81	600,00	432,00	
		MP B	276,00	50,00	1,81	500,00	360,00	1,81	500,00	360,00	1,81	500,00	360,00	1,81	500,00	360,00	

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)					Produto 1			Produto 2			Produto 3			Produto 4			
Etapa	Equipamento	Material	Densida de do Material [kg/m³]	Vazão de Equipamento [m³/h]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]	
Transporte dos Moinhos para Dosagem	Moinho 03	MP C	802,67	50,00	0,67	537,08	386,70	0,75	599,46	431,61	1,23	985,94	709,88	0,63	507,88	365,67	
		MP D	403,83	100,00	0,72	291,32	104,88	0,51	204,20	73,51	0,28	111,56	40,16	0,73	295,76	106,47	
		MP A	741,33	100,00	0,81	600,00	216,00	0,81	600,00	216,00	0,40	300,00	108,00	0,81	600,00	216,00	
	RTH de saída de material do moinho 01	MP B	276,00	100,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	1,81	500,00	180,00	
		MP C	802,67	100,00	0,67	537,08	193,35	0,75	599,46	215,81	1,23	985,94	354,94	0,63	507,88	182,84	
		MP D	403,83	36,77	0,72	291,32	70,64	0,51	204,20	49,51	0,28	111,56	27,05	0,73	295,76	71,71	
		MP A	741,33		0,81	600,00	79,25	0,81	600,00	79,25	0,40	300,00	39,63	0,81	600,00	79,25	
		MP B	276,00		1,81	500,00	177,39	1,81	500,00	177,39	1,81	500,00	177,39	1,81	500,00	177,39	
		MP C	802,67		0,67	537,08	65,52	0,75	599,46	73,13	1,23	985,94	120,27	0,63	507,88	61,96	
		RTH de saída de material do moinho 02	MP D	403,83	78,33	0,72	291,32	33,16	0,51	204,20	23,24	0,28	111,56	12,70	0,73	295,76	33,66
			MP A	741,33		0,81	600,00	37,20	0,81	600,00	37,20	0,40	300,00	18,60	0,81	600,00	37,20
			MP B	276,00		1,81	500,00	83,26	1,81	500,00	83,26	1,81	500,00	83,26	1,81	500,00	83,26
		RTH de saída de material do moinho 03	MP C	802,67		0,67	537,08	30,75	0,75	599,46	34,33	1,23	985,94	56,46	0,63	507,88	29,08
			MP D	403,83	42,02	0,72	291,32	61,81	0,51	204,20	43,32	0,28	111,56	23,67	0,73	295,76	62,75
			MP A	741,33		0,81	600,00	69,34	0,81	600,00	69,34	0,40	300,00	34,67	0,81	600,00	69,34
	EC Moinho → dosagem 01	MP B	276,00		1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	1,81	500,00	155,21	
		MP C	802,67		0,67	537,08	57,33	0,75	599,46	63,99	1,23	985,94	105,24	0,63	507,88	54,21	
		MP D	403,83	111,94	0,72	291,32	23,20	0,51	204,20	16,26	0,28	111,56	8,88	0,73	295,76	23,55	
	EC Moinho → dosagem 02	MP A	741,33		0,81	600,00	26,03	0,81	600,00	26,03	0,40	300,00	13,01	0,81	600,00	26,03	
		MP B	276,00		1,81	500,00	58,26	1,81	500,00	58,26	1,81	500,00	58,26	1,81	500,00	58,26	
		MP C	802,67		0,67	537,08	21,52	0,75	599,46	24,02	1,23	985,94	39,50	0,63	507,88	20,35	
	EC Moinho → dosagem 03	MP D	403,83	190,29	0,72	291,32	13,65	0,51	204,20	9,57	0,28	111,56	5,23	0,73	295,76	13,86	
		MP A	741,33		0,81	600,00	15,31	0,81	600,00	15,31	0,40	300,00	7,66	0,81	600,00	15,31	
		MP B	276,00		1,81	500,00	34,27	1,81	500,00	34,27	1,81	500,00	34,27	1,81	500,00	34,27	
EC Moinho → dosagem 03	MP C	802,67		0,67	537,08	12,66	0,75	599,46	14,13	1,23	985,94	23,24	0,63	507,88	11,97		
	MP D	403,83	81,55	0,72	291,32	31,84	0,51	204,20	22,32	0,28	111,56	12,19	0,73	295,76	32,33		
	MP A	741,33		0,81	600,00	35,73	0,81	600,00	35,73	0,40	300,00	17,86	0,81	600,00	35,73		
		MP B	276,00		1,81	500,00	79,97	1,81	500,00	79,97	1,81	500,00	79,97	1,81	500,00	79,97	

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)					Produto 1				Produto 2			Produto 3			Produto 4		
Etapa	Equipamento	Material	Densida de do Material [kg/m³]	Vazão de Equipamento [m³/h]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]	
	Abastecimento Lateral	1	Macro-nutriente D	1,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		2	Macro-nutriente E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,58	11,72
		3	Macro-nutriente F	1335	6,20	0,02	30,00	13,06	0,03	36,00	15,67	0,03	40,00	17,41	0,03	36,00	15,67
		4	Macro-nutriente G	2,165	2705,94	4,99	10,80	6,64	6,24	13,50	8,30	4,62	10,00	6,15	6,24	13,50	8,30
		5	Macro-nutriente H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		6	Premix	-	-	-	2,32	7,43	-	3,10	9,92	-	2,50	8,00	-	3,10	9,92
Pesagem	Balança	Produto 1	566,00	1817,26	3,53	2000,00	251,28	3,53	2000,00	-	3,53	2000,00	-	3,53	2000,00	-	
		Produto 2	638,00	1612,18	3,13	2000,00	-	3,13	2000,00	250,56	3,13	2000,00	-	3,13	2000,00	-	
		Produto 3	628,00	1637,85	3,18	2000,00	-	3,18	2000,00	-	3,18	2000,00	227,10	3,18	2000,00	-	
		Produto 4	616,00	1669,76	3,25	2000,00	-	3,25	2000,00	-	3,25	2000,00	-	3,25	2000,00	270,29	
Transporte do Pulmão/Balança para Misturador	RTH Pulmão pós-balança	Produto 1	566,00	67,17	3,53	2000,00	189,37	3,53	2000,00	189,37	3,53	2000,00	189,37	3,53	2000,00	189,37	
		Produto 2	638,00	-	3,13	2000,00	168,00	3,13	2000,00	168,00	3,13	2000,00	168,00	3,13	2000,00	168,00	
		Produto 3	628,00	-	3,18	2000,00	170,68	3,18	2000,00	170,68	3,18	2000,00	170,68	3,18	2000,00	170,68	
		Produto 4	616,00	-	3,25	2000,00	174,00	3,25	2000,00	174,00	3,25	2000,00	174,00	3,25	2000,00	174,00	
	EC Pulmão pós-balança → peneira rotativa	Produto 1	566,00	159,00	3,53	2000,00	80,00	3,53	2000,00	80,00	3,53	2000,00	80,00	3,53	2000,00	80,00	
		Produto 2	638,00	-	3,13	2000,00	70,98	3,13	2000,00	70,98	3,13	2000,00	70,98	3,13	2000,00	70,98	
		Produto 3	628,00	-	3,18	2000,00	72,11	3,18	2000,00	72,11	3,18	2000,00	72,11	3,18	2000,00	72,11	
		Produto 4	616,00	-	3,25	2000,00	73,51	3,25	2000,00	73,51	3,25	2000,00	73,51	3,25	2000,00	73,51	
Mistura	Peneira rotativa	Produto 1	566,00	2544,17	3,53	2000,00	5,00	3,53	2000,00	5,00	3,53	2000,00	5,00	3,53	2000,00	5,00	
		Produto 2	638,00	2257,05	3,13	2000,00	5,00	3,13	2000,00	5,00	3,13	2000,00	5,00	3,13	2000,00	5,00	
		Produto 3	628,00	2292,99	3,18	2000,00	5,00	3,18	2000,00	5,00	3,18	2000,00	5,00	3,18	2000,00	5,00	
		Produto 4	616,00	2337,66	3,25	2000,00	5,00	3,25	2000,00	5,00	3,25	2000,00	5,00	3,25	2000,00	5,00	
	Misturador	Produto 1	566,00	43,86	3,53	2000,00	290,00	3,53	2000,00	290,00	3,53	2000,00	290,00	3,53	2000,00	290,00	
		Produto 2	638,00	38,91	3,13	2000,00	290,00	3,13	2000,00	290,00	3,13	2000,00	290,00	3,13	2000,00	290,00	

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)					Produto 1		Produto 2			Produto 3			Produto 4			
Etapa	Equipamento	Material	Densida de do Material [kg/m³]	Vazão de Equipam ento [m³/h]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Process o [s]	Volume de Material [m³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]
Transporte do Misturador para Ensaque	RTH Pulmão pós-misturador	Produto 3	628,00	39,53	3,18	2000,00	290,00	3,18	2000,00	290,00	3,18	2000,00	290,00	3,18	2000,00	290,00
		Produto 4	616,00	40,30	3,25	2000,00	290,00	3,25	2000,00	290,00	3,25	2000,00	290,00	3,25	2000,00	290,00
		Produto 1	566,00	69,73	3,53	2000,00	182,43	3,53	2000,00	182,43	3,53	2000,00	182,43	3,53	2000,00	182,43
		Produto 2	638,00		3,13	2000,00	161,84	3,13	2000,00	161,84	3,13	2000,00	161,84	3,13	2000,00	161,84
		Produto 3	628,00		3,18	2000,00	164,42	3,18	2000,00	164,42	3,18	2000,00	164,42	3,18	2000,00	164,42
		Produto 4	616,00		3,25	2000,00	167,62	3,25	2000,00	167,62	3,25	2000,00	167,62	3,25	2000,00	167,62
		Produto 1	566,00	175,05	3,53	2000,00	72,67	3,53	2000,00	72,67	3,53	2000,00	72,67	3,53	2000,00	72,67
		Produto 2	638,00		3,13	2000,00	64,47	3,13	2000,00	64,47	3,13	2000,00	64,47	3,13	2000,00	64,47
	EC Pulmão pós-misturador → ensaue	Produto 3	628,00		3,18	2000,00	65,49	3,18	2000,00	65,49	3,18	2000,00	65,49	3,18	2000,00	65,49
		Produto 4	616,00		3,25	2000,00	66,77	3,25	2000,00	66,77	3,25	2000,00	66,77	3,25	2000,00	66,77
		Produto 1	566,00	173,71	3,53	2000,00	73,23	3,53	2000,00	73,23	3,53	2000,00	73,23	3,53	2000,00	73,23
		Produto 2	638,00		3,13	2000,00	64,97	3,13	2000,00	64,97	3,13	2000,00	64,97	3,13	2000,00	64,97
		Produto 3	628,00		3,18	2000,00	66,00	3,18	2000,00	66,00	3,18	2000,00	66,00	3,18	2000,00	66,00
		Produto 4	616,00		3,25	2000,00	67,29	3,25	2000,00	67,29	3,25	2000,00	67,29	3,25	2000,00	67,29
		Produto 1	566,00		3,53	2000,00	628,42	3,53	2000,00	628,42	3,53	2000,00	628,42	3,53	2000,00	628,42
		Produto 2	638,00	20,24	3,13	2000,00	557,50	3,13	2000,00	557,50	3,13	2000,00	557,50	3,13	2000,00	557,50
Ensaque	Enscadora	Produto 3	628,00	20,24	3,18	2000,00	566,38	3,18	2000,00	566,38	3,18	2000,00	566,38	3,18	2000,00	566,38
		Produto 4	616,00	20,24	3,25	2000,00	577,41	3,25	2000,00	577,41	3,25	2000,00	577,41	3,25	2000,00	577,41
		Tempo total para fluxo contínuo (etapas independentes)	Enscada				4327,22			4115,73			4033,79			4225,3
		Granel				3698,80			3558,23			3467,41			3647,8	
Tempo total para fluxo contínuo a partir da dosagem (etapas independentes)	Enscada				1772,40			1633,32			1627,18			1691,9		
	Granel				1143,98			1075,82			1060,80			1114,5		
Tempo total para fluxo contínuo a partir da dosagem (etapas sobrepostas)	Enscada				1197,01			1125,38			1110,79			1165,0		
	Granel				568,59			567,88			544,42			587,60		
Capacidade produtiva para etapas sobrepostas (granel) [ton/h]					12,66			12,68			13,23			12,25		
Tempo efetivo de processo a partir da pesagem	Balança						251,28			250,56			227,10		270,29	

TEMPO DE PROCESSO PARA UMA BATIDA (2000 KG)					Produto 1		Produto 2			Produto 3			Produto 4			
Etapa	Equipamento	Material	Densidade do Material [kg/m ³]	Vazão de Equipamento [m ³ /h]	Volume de Material [m ³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m ³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m ³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Processo [s]	Volume de Material [m ³]	Massa de Material [kg]	Tempo de Proc. [s]
		RT Pulmão pós-balança					11,41			11,41			11,41			11,41
		EC Pulmão pós-balança → peneira rotativa					5,72			5,72			5,72			5,72
		Misturador					290,00			290,00			290,00			290,00
		RT Pulmão pós-misturador					7,19			7,19			7,19			7,19
		EC Pulmão pós-misturador → ensaque					6,30			6,30			6,30			6,30
		RT elevador pós-misturador → ensaque					11,69			11,69			11,69			11,69
		Ensacadora					628,42			557,50			566,38			577,41
		1ª Batida completa [min]					20,28			19,09			18,85			19,75
		Tempo de batida para operação contínua [min]					6,28			6,14			6,16			6,18
		Capacidade produtiva para fluxo contínuo de produção [ton/h]					19,11			19,54			19,49			19,42
		Capacidade produtiva para um turno de operação [ton/h]					12			13			13			13

Fonte: Autoria própria.