

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - MESTRADO
PROFISSIONAL

LAURIE MIDORI KUNIYOSHI SASAKI

**DEFINIÇÃO DO MIX DE PRODUÇÃO ÓTIMO DO LABORATÓRIO DE
PROCESSAMENTO DE LEITE DO IFMG - CAMPUS BAMBUÍ POR MEIO DA
PROGRAMAÇÃO LINEAR**

ITAJUBÁ

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - MESTRADO
PROFISSIONAL

LAURIE MIDORI KUNIYOSHI SASAKI

**DEFINIÇÃO DO MIX DE PRODUÇÃO ÓTIMO DO LABORATÓRIO DE
PROCESSAMENTO DE LEITE DO IFMG - CAMPUS BAMBUÍ POR MEIO DA
PROGRAMAÇÃO LINEAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração (Mestrado Profissional em Administração), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de concentração:

Administração

Orientador:

Prof. Dr. Renato da Silva Lima

ITAJUBÁ

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - MESTRADO
PROFISSIONAL

LAURIE MIDORI KUNIYOSHI SASAKI

**DEFINIÇÃO DO MIX DE PRODUÇÃO ÓTIMO DO LABORATÓRIO DE
PROCESSAMENTO DE LEITE DO IFMG - CAMPUS BAMBUÍ POR MEIO DA
PROGRAMAÇÃO LINEAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração (Mestrado Profissional em Administração), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Administração.

Aprovada em: 16/07/2021

Prof. Dr. Renato da Silva Lima (Orientador)
Universidade Federal de Itajubá – Unifei

Prof. Dr. Fabiano Leal
Universidade Federal de Itajubá – Unifei

Prof.^a Dra. Roberta Alves
Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ

AGRADECIMENTOS

A Deus, ao IFMG – *Campus* Bambuí e à UNIFEI que me concederam esta oportunidade de me qualificar e engrandecer meus conhecimentos.

Às minhas filhas Alícia e Cecília que serviram de inspiração para que eu pudesse superar os desafios e continuar nesta trajetória de aprendizado e superação.

Ao meu marido Robson Sasaki pelo apoio, compreensão, companheirismo e paciência no decorrer desta jornada.

Às minhas amigas Querubins que me incentivaram e caminharam comigo durante esta árdua jornada.

Aos colegas do IFMG – *Campus* Bambuí que me auxiliaram na pesquisa, principalmente aos trabalhadores do Laboratório de Processamento de Leite (Élcio, Nilton e Juciara).

Ao meu orientador Renato da Silva Lima pela paciência e pelos ensinamentos que contribuíram para meu aperfeiçoamento acadêmico.

E a todos os professores da UNIFEI que contribuíram com meu aprendizado.

RESUMO

Diante da competitividade do setor leiteiro e das dificuldades enfrentadas por pequenos laticínios, é fundamental que haja um bom gerenciamento, incluindo uma programação adequada do mix de produção para que consigam se manter no mercado. Sendo assim, o objetivo deste estudo é otimizar o mix de produção dos produtos lácteos da marca Sabores do IFMG, produzidos no Laboratório de Processamento de Leite (LPL) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus Bambuí*, na intenção de otimizar os recursos e maximizar a margem de contribuição total (MCT). Para isso, utilizou-se a Programação Linear, com o auxílio do suplemento Excel Solver®. Inicialmente, foi feito um levantamento de dados por meio de pesquisa documental e bibliográfica, de questionário, de observação direta intensiva e de entrevista. Foram calculados os custos e margem de contribuição de cada produto e os parâmetros de disponibilidade de matéria-prima e mão de obra. Em seguida, foi realizada a análise do cenário atual, bem como definiu-se o modelo matemático de otimização, levando em consideração a margem de contribuição de cada produto e as restrições inerentes à fabricação. O modelo foi submetido a simulações com alterações de cenários, a fim de verificar o comportamento do sistema. Nas condições atuais, constatou-se que o setor possui margem de contribuição total de R\$ 10.484,82 e prejuízo de -R\$ 3.994,95. Diante disso, simularam-se novos cenários em busca de otimizar a produção, e observou-se que com a utilização de novas restrições e informações pode-se obter margem de contribuição total e lucro de até R\$ 46.493,30 e R\$ 32.013,53, respectivamente. Esta pesquisa mostrou-se útil no levantamento dos dados gerenciais e análises, subsidiando o planejamento da produção, bem como a sugestão de estratégias de *marketing*, vendas e gerenciais, visando aumentar o lucro do Laboratório. Além disso, o modelo abre um leque de possibilidades que podem ser estudadas para que as melhores decisões sejam tomadas.

Palavras-chave: Gerenciamento de laticínio. Otimização. Mix de produção. Pesquisa Operacional.

ABSTRACT

Given the competitiveness of the dairy sector and the difficulties faced by small dairies, good management is essential, including an adequate production mix programming so that they remain competitive in the market. Therefore, the objective of this study is to guarantee the best production mix of the brand Sabores do IFMG dairy products, produced at the Laboratório de Processamento de Leite (LPL) of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus Bambuí*, to optimize resources and maximizing the total contribution margin. Linear Programming was used with the aid of the Excel Solver® supplement. Initially, a data survey was carried out through documentary and bibliographic research, followed by questionnaire, intensive direct observation and interview. The costs and contribution margin of each product were calculated, as well as the parameters of availability of raw material and labor. Then, we carried out an analysis of the current scenario, and the mathematical optimization model was defined, considering the contribution margin of each product and the restrictions inherent to manufacturing. The model was subjected to simulations with scenario changes, to verify the system's behavior. Under current conditions, it was found that the sector has a total contribution margin of R\$ 10,484.82 and a loss of -R\$ 3,994.95. Therefore, new scenarios were simulated in order to optimize production, and it was observed that with the use of new restrictions and information, it was possible to obtain a total contribution margin and profit of up to R\$ 46,493.30 and R\$ 32,013.53, respectively. This research proved to be useful in the survey of managerial data and analysis, supporting the production planning, as well as the suggestion of marketing, sales and management strategies, aiming to increase the laboratory's profit. Furthermore, the model opens up a range of possibilities for improving decision making aiming at better results in management process.

Keywords: Dairy management. Optimization. Production mix. Operational research.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão das empresas.....	19
Figura 2 - Etapas do modelo de previsão da demanda.	22
Figura 3 - Cinco etapas do processo de focalização proposta pela TOC	34
Figura 4 - Classificação da Pesquisa	38
Figura 5 - Mapeamento da recepção e pasteurização do leite	41
Figura 6 - Mapeamento da limpeza do pasteurizador.....	42
Figura 7 - Mapeamento da produção da manteiga extra com sal.	43
Figura 8 - Mapeamento da produção do iogurte de diferentes sabores	44
Figura 9 - Mapeamento da produção do doce de leite.....	44
Figura 10 - Mapeamento da produção da ricota	45
Figura 11 - Mapeamento da produção do requeijão em barra.....	46
Figura 12 - Mapeamento da produção do provolone.....	47
Figura 13 - Mapeamento da produção do queijo minas frescal.....	48
Figura 14 - Mapeamento da produção do queijo minas padrão	49
Figura 15 - Mapeamento da produção da muçarela	50
Figura 16 - Mapeamento da produção do parmesão.....	51
Figura 17 - Mapeamento da produção do queijo prato.....	52
Figura 18 - Fluxograma para definição do mix de produção	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos fixos	67
Tabela 2 - Custos variáveis dos diferentes produtos	68
Tabela 3 - Margem de contribuição e índice da margem de contribuição dos diferentes produtos.	68
Tabela 4 - Venda média mensal, margem de contribuição e margem de contribuição média mensal por produto	69
Tabela 5 – Restrições.....	70
Tabela 6 - Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário atual	71
Tabela 7 - Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 1*	73
Tabela 8 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 2*	74
Tabela 9 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 3*	75
Tabela 10 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 4*	76
Tabela 11 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 5*	78
Tabela 12 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 6*	79
Tabela 13 - Análise Custo-Volume-Lucro	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos de Previsão	23
Quadro 2 - Restrições nos diferentes cenários simulados	64

LISTA DE SÍMBOLOS

%: porcentagem

CF: custo fixo (R\$)

CFT: custo fixo total (R\$ mês⁻¹);

CV: custo variável direto (R\$)

CVT: custo variável total (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹);

ENE_f: estimativa do custo fixo de energia elétrica (R\$ mês⁻¹);

ENE_v: energia elétrica (R\$ mês⁻¹); e

F: gasto fixo com funcionário (R\$ mês⁻¹);

g: grama

h: horas

IMC: índice da margem de contribuição (%)

kg: quilograma

kW: quilowatts

L: litros

LC: lucro (R\$)

LE: necessidade de leite cru para fabricar cada produto (L)

MA: custo com matéria-prima e embalagens (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹); e

Max: função de maximizar;

MC: margem de contribuição (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹).

MCT: margem de contribuição total (R\$);

ME: material de expediente (R\$ mês⁻¹).

min: minutos

ml: mililitro

MN: manutenção de equipamentos (R\$ mês⁻¹);

MO: mão de obra (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹).

MS: margem de segurança (R\$ mês⁻¹);

N: número de meses do preço vigente (meses)

P: preço de venda (R\$)

PA: preço de aquisição dos materiais (R\$)

PEC: ponto de equilíbrio contábil (R\$ mês⁻¹);

PkWh: preço do kW por hora (R\$ h⁻¹).

PkWm: preço do kW por minuto (R\$ min⁻¹)

Pt: potência da máquina (kW)

Q: quantidade de produto fabricado (kg ou L)

Q_1 : Doce de leite

Q_2 : Iogurte

Q_3 : Leite tipo C

Q_4 : Manteiga

Q_5 : Minas Frescal

Q_6 : Minas Padrão

Q_7 : Muçarela

Q_8 : Parmesão

Q_9 : Prato

Q_{10} : Provolone

Q_{11} : Requeijão

Q_{12} : Ricota

QE : quantidade de cada equipamento (un);

Qm : quantidade de materiais para uma produção (kg, g, L, ml ou un)

R\$: reais

R : rendimento da produção (kg ou L)

RTM : receita total mensal (R\$ mês⁻¹); e

T : tempo de mão de obra necessária para fabricação de cada produto (min)

Tm : tempo de uso da máquina (min mês⁻¹); e

un: unidade ou unitário

$V_{i\max}$: venda máxima (kg ou L).

$V_{i\min}$: venda mínima (kg ou L); e

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
CVL	Custo-Volume-Lucro
IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
IMC	Índice de Margem de Contribuição
LPL	Laboratório de Processamento de Leite
MC	Margem de Contribuição
MS	Margem de Segurança
OPT	<i>Optimized Production Technology</i> ou Tecnologia de Produção Otimizada
PEC	Ponto de Equilíbrio Contábil
PL	Programação Linear
PO	Pesquisa Operacional
POP	Procedimento Operacional Padrão
SFR	Sistema Físico Real
TOC	<i>Theory of Constraints</i> ou Teoria das Restrições
TPC	Tambor-Pulmão-Corda

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos e justificativa.....	15
1.2	Estrutura da dissertação.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Cadeia de lácteos	17
2.2	Planejamento da Produção	18
2.2.1	Previsão de demanda.....	20
2.2.2	Tomada de decisão.....	24
2.3	Gestão financeira	24
2.4	Pesquisa Operacional.....	27
2.4.1	Programação Linear	28
2.5	Teoria das Restrições (<i>Theory of Constraints</i> – TOC).....	32
3	MÉTODO DE PESQUISA	37
3.1	Tipo de pesquisa.....	37
3.2	Ambiente do estudo.....	38
3.2.1	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – <i>Campus Bambuí</i>	38
3.2.2	Laboratório de Processamento de Leite – LPL.....	39
3.2.3	Processo produtivo	40
3.2.3.1	Processo produtivo da manteiga.....	42
3.2.3.2	Processo produtivo do iogurte.....	43
3.2.3.3	Processo produtivo do doce de leite	44
3.2.3.4	Processo produtivo da ricota	45
3.2.3.5	Processo produtivo do requeijão em barra	45
3.2.3.6	Processo produtivo dos queijos	46
3.3	Desenvolvimento do modelo.....	52
3.3.1	Coleta de dados	54
3.3.2	Função objetivo.....	60

3.3.3 Variáveis de decisão.....	60
3.3.4 Restrições.....	61
3.3.5 Cenários.....	64
3.4 Teoria das Restrições.....	65
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	67
4.1 Restrições calculadas.....	70
4.2 Cenário atual.....	71
4.3 Simulações de cenários.....	72
4.3.1 Simulação do Cenário 1	72
4.3.2 Simulação do Cenário 2	74
4.3.3 Simulação do cenário 3	75
4.3.4 Simulação do cenário 4	76
4.3.5 Simulação do cenário 5	78
4.3.6 Simulação do cenário 6	79
4.4 Análise Custo-Volume-Lucro	80
5 CONCLUSÕES	82
5.1 Limitações e sugestões para trabalhos futuros	84
6 REFERÊNCIAS.....	86
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	94
APÊNDICE B – COMPARATIVO DE PREÇOS	96
APÊNDICE C – CÁLCULOS DOS CUSTOS FIXOS	97
APÊNDICE D – CÁLCULOS DO CONSUMO DE ENERGIA	98
APÊNDICE E – CÁLCULOS DO CONSUMO DE MATÉRIA-PRIMA.....	99
APÊNDICE F – RELATÓRIOS DE SENSIBILIDADE	100

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva brasileira do leite destaca-se pelo fornecimento de produtos de alto valor nutricional, agregação de valor e geração de emprego e renda nos meios rural e urbano. De acordo com dados do IBGE (2019), em 2019 a produção nacional de leite alcançou o segundo maior volume já registrado na pesquisa, atingindo o valor de 34,8 bilhões de litros, com um aumento de 2,7% em relação a 2018 e alcançando a quinta posição de maior produtor mundial de leite. Sendo que o estado de Minas Gerais continuou com o maior rebanho leiteiro do País, com a marca de 3,1 milhões de cabeças, o equivalente a 19,3% do total nacional. Ainda, de acordo com Mayberry *et al.* (2017), nos próximos quarenta anos estima-se que o consumo de produtos alimentícios pecuários, incluindo laticínios, deverá dobrar, devido ao aumento da população, da renda e da urbanização.

Para aproveitar esse cenário promissor da cadeia produtiva do leite surgiram laticínios de pequeno a grande porte, seja para fabricação apenas de queijos, como também os que produzem iogurte, manteiga, doce de leite, entre outros produtos. Diante disso, para sobreviver ao ambiente competitivo e atender à demanda crescente, é necessário que as empresas busquem um diferencial, um bom planejamento, a otimização de seus processos, principalmente em termos gerenciais e de desempenhos operacionais, além de conhecerem suas limitações e necessidades de investimentos.

Para que a produção seja mais rentável é preciso programar a produção, tarefa considerada uma das mais antigas e os problemas mais difíceis dos sistemas de manufatura, devido a sua natureza dinâmica (DHAND; SINGLA, 2016). Diante disso, o planejamento da produção tem papel fundamental para um bom desempenho operacional de uma empresa, pois tem a responsabilidade de organizar todas as atividades dentro do sistema produtivo, desde o recebimento de matérias-primas até a entrega ao consumidor final. Todas as ações são voltadas para a otimização da programação da produção, que visa alcançar a saída desejada de produtos, tanto em tipo, quanto em quantidade, dentro do tempo planejado e com custos mínimos.

Uma ferramenta importante para a otimização da produção é a Programação Linear, que fornece apoio ao planejamento organizacional a respeito da definição do mix de produção, ou seja, sobre o que e em qual quantidade produzir, almejando o lucro máximo. Fator complexo de ser definido empiricamente no Laboratório de Processamento de Leite (LPL) do IFMG – *Campus* Bambuí, devido às restrições da produção como a mão de obra, estoque de produtos acabados e limitação dos insumos. Além disso, por se tratar de um laticínio, caracterizado como

laboratório de ensino, dentro de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, apresenta algumas particularidades, como: utilização para aulas práticas, limitação do lucro, compra anual dos insumos e processo oneroso para aquisições extras, oscilação no número de funcionários.

O LPL é voltado ao ensino dos cursos técnicos e superiores da instituição e a sua produção é destinada ao consumo interno do *campus*, principalmente para o restaurante, onde é servida para os estudantes e servidores. A produção excedente é comercializada no Posto de Vendas Sabores do IFMG, auxiliando na geração de receita própria do *campus*.

O atual sistema de gerenciamento do setor não utiliza apoio computacional para gerir a produção e estoque. As anotações sobre a quantidade de leite recebida, quantidade de leite ordenhado aos finais de semana vendido para laticínios externos, utilização em aula, produção diária e entregas são feitas manualmente em caderno. A tomada de decisão do mix de produção é feita empiricamente, de acordo com a experiência do gestor, levando-se em consideração o estoque momentâneo e o tempo demandado entre a produção e o oferecimento de cada produto aos consumidores. Entretanto, durante a execução desta pesquisa, realizou-se um levantamento prévio, por meio de um questionário eletrônico, de modo a estudar a relevância da presente pesquisa. No estudo prévio, de acordo com o relato dos consumidores, observou-se que algumas vezes ocorre a indisponibilidade de alguns produtos lácteos bovinos “Sabores do IFMG”, fato que prejudica a satisfação do cliente e as vendas, que conseqüentemente, deixa de agregar à receita do *campus*.

Dessa forma, o planejamento da produção embasada na Programação Linear define quais produtos deverão ser fabricados e em qual quantidade. Para isso, serão levadas em consideração algumas restrições, como: histórico de venda de cada produto, quantidade de matéria-prima disponível e a disponibilidade de hora-homem. Espera-se com essa ação colaborar na maximização dos lucros através da melhor alocação dos recursos escassos e programar a produção dos itens mais vantajosos e lucrativos.

1.1 Objetivos e justificativa

O objetivo geral deste estudo é propor um modelo de programação linear para determinar o mix de produção ótimo do Laboratório de Processamento de Leite (LPL) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Bambuí, na intenção de otimizar os recursos e maximizar a margem de contribuição.

Além de desenvolver um modelo de otimização da produção, a pesquisa terá como objetivos específicos:

- Sugerir a sistematização das informações de fornecimento do leite, produção e venda;
- Sugerir políticas de formação e atualização dos preços de venda; e
- Propor melhorias no planejamento e gerenciamento do laboratório e dos demais setores envolvidos.

Esta pesquisa demonstra sua importância devido à aplicação prática no Laboratório de Processamento de Leite do *Campus* Bambuí, que visa auxiliar na gestão do setor, promovendo melhorias na programação da produção. Além disso, também contribuirá para a literatura, visto que não são encontrados estudos sobre processamento e venda de produtos lácteos em instituições de ensino federais.

1.2 Estrutura da dissertação

Este trabalho está organizado em sete capítulos, incluindo este primeiro introdutório.

O Capítulo 2 traz a revisão da literatura sobre o tema da pesquisa ao tratar dos conceitos da cadeia de lácteos; planejamento da produção; pesquisa operacional e programação linear; e Teoria das Restrições.

O Capítulo 3 trata do método aplicado a esta pesquisa, especificando o tipo de pesquisa, ambiente estudado e como foi desenvolvido o modelo.

O Capítulo 4 demonstra os resultados obtidos com os cálculos dos parâmetros para desenvolvimento do modelo e com os cenários simulados.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões alcançadas com o desenvolvimento desta pesquisa.

E, por fim, apresentam-se todas as referências utilizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os temas e autores que formam a base teórica deste trabalho: cadeia de lácteos; planejamento da produção; gestão financeira; pesquisa operacional; programação linear; e teoria das restrições.

2.1 Cadeia de lácteos

A partir da década de 1970, a produção de leite no Brasil tem crescido sistematicamente, mesmo nos ambientes de intervenções do governo via planos econômicos, preços controlados, importações e desregulamentação da economia (VILELA *et al.*, 2017).

O Brasil é um dos maiores produtores de leite do mundo, e a produção cresce anualmente. No ano de 2015, estima-se que a produção de leite no Brasil foi de 35 milhões de toneladas (IBGE, 2016). Já em 2019, a produção nacional de leite chegou a 34,8 bilhões de litros, atingindo o segundo maior volume já registrado na pesquisa, com um aumento de 2,7% em relação a 2018 e alcançando a quinta posição de maior produtor mundial de leite (IBGE, 2019). Sendo que, o estado de Minas Gerais continuou com o maior rebanho leiteiro do País, com a marca de 3,1 milhões de cabeças, o equivalente a 19,3% do total nacional (IBGE, 2019).

Estima-se que em 2025, o Brasil produzirá 47,5 milhões de toneladas de leite (VILELA, 2015). Sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor nacional de leite (PEROBELLI; ARAÚJO JÚNIOR; CASTRO, 2018). Mayberry *et al.* (2017) corroboram com essa expansão e expressam que nos próximos quarenta anos, o consumo de produtos alimentícios pecuários, incluindo laticínios, deverá dobrar, devido ao aumento da população, da renda e da urbanização.

A cadeia produtiva do leite é muito importante para a economia dos países produtores, pelo grande número de agentes que são envolvidos em sua produção, industrialização e distribuição. Essa cadeia dá origem a um setor chamado de produtos lácteos, que tem grande participação na balança comercial das nações (ASSIS *et al.*, 2016). Para fabricação desses produtos, o processo inicia-se na aquisição da matéria-prima, recepção por parte dos laticínios, análises de qualidade, resfriador, estocagem, pasteurização, produção, envase, armazenamento, até chegar ao consumidor final (CARLI *et al.*, 2012). Todas estas etapas de processamento podem ocorrer na própria propriedade rural ou em laticínios que variam de pequeno a grande porte.

Conforme Leite e Pinto (2014), o cenário empresarial é caracterizado por uma alta competitividade e pela ocorrência de mudanças rápidas e descontínuas. As pequenas e médias

indústrias de produtos lácteos no Brasil enfrentam sérios problemas de competição pelo mercado consumidor, devido a fatores como: pequena escala de produção, falta de padronização de produtos e de processos, deficiências no controle efetivo de qualidade, dificuldade em definir nichos de mercado e níveis de tecnologia diferenciada, apesar de serem geradores de ocupação e renda (ROHLFES *et al.*, 2011).

Para se manterem no mercado, as indústrias lácteas devem possuir qualidade a um preço acessível, necessitando de um bom gerenciamento. Melo e Alcântara (2012) relatam que uma boa gestão é essencial para melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos e um pré-requisito para melhorar vários aspectos do fluxo do produto, como, por exemplo, a programação da produção, gestão de estoques e operações de distribuição. Nesse sentido, Baptista *et al.* (2012) afirmam que a otimização dos recursos e da produção, também, são necessários para manter sua competitividade, fornecendo suporte às transações contábeis, financeiras, comerciais ou operacionais, que são executadas de acordo com as normas estabelecidas pelos gestores.

Além da sobrevivência, visando a expansão da produção, e ao mesmo tempo mantendo a lucratividade, para suprir a crescente demanda do mercado. Mayberry *et al.* (2017) afirmam que é preciso conhecer as limitações do laticínio e suas necessidades de investimentos. Para isso é necessário um bom gerenciamento e planejamento.

2.2 Planejamento da Produção

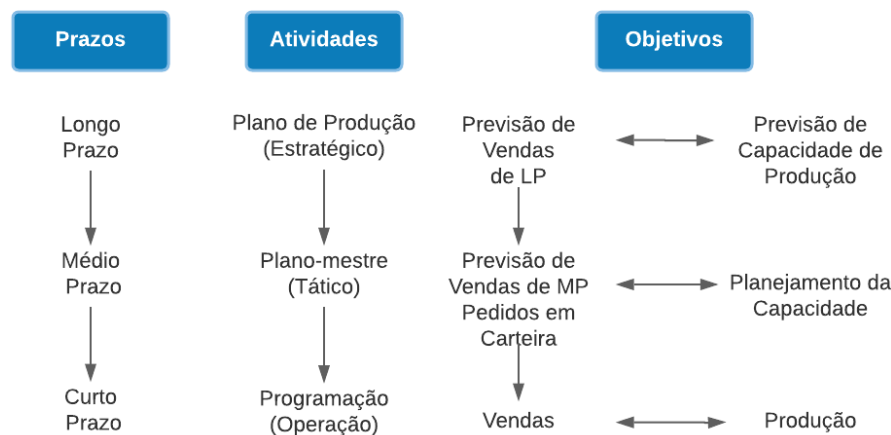
Com o objetivo de elevar o desempenho produtivo do Laboratório e contribuir cada vez mais para a arrecadação de receita própria do *campus*, o presente estudo tem a pretensão de empregar conhecimentos sobre o planejamento da produção aliado à Pesquisa Operacional, a fim de direcionar as ações futuras em busca de uma melhora na gestão, em relação à otimização da produção e fornecimento dos produtos, e à tomada de decisão com embasamento em informações precisas e confiáveis.

O sistema de produção é formado pelo conjunto de funções ou subsistemas que são inter-relacionados e interdependentes, e que agem em busca de um objetivo comum. O planejamento estratégico da produção visa melhorar a eficácia desse sistema, a fim de atender às exigências dos consumidores, elevando a produtividade e reduzindo custos operacionais por meio da alocação ótima dos recursos, garantindo provimento de mão de obra, matérias-primas e insumos na quantidade, no momento e na qualidade adequados (ESTENDER *et al.*, 2017; SLACK *et al.*, 2006).

Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2014) também discorrem sobre os objetivos do Planejamento da Produção e afirmam que é preciso ter foco em: garantir que na coordenação de atores e recursos haja eficiência, eficácia e resposta rápida às mudanças de mercado (responsividade); ter flexibilidade para atender uma ampla gama de clientes; conceber produtos e produzir globalmente; criar elos cooperativos com outras empresas de forma que seja possível identificar rapidamente as competências complementares para projetar, desenvolver, fabricar e distribuir novos produtos, além de participar das redes globais de suprimentos.

Para garantir que os objetivos sejam atingidos, de acordo com Tubino (2007), o sistema produtivo precisa ser pensado em termos de prazos, em que planos são feitos e as ações são executadas de acordo com eles. Dessa forma, quando esses prazos tiverem transcorridos, as atividades planejadas pelas empresas venham a se tornar realidade. De forma geral, o horizonte de planejamento de um sistema produtivo pode ser dividido em três níveis: o longo, o médio e o curto prazo. Na Figura 1 são apresentados os prazos e suas respectivas atividades e objetivos.

Figura 1- Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão das empresas



Fonte: Adaptado de Tubino (2007)

A longo prazo, trabalha-se no nível estratégico, no qual é definido o planejamento do que fazer, quais recursos usar e quais objetivos esperam atingir, com base em estimativas de longo prazo. A médio prazo, já no nível tático, preocupa-se com os detalhes do plano de produção, buscando meios de operar eficientemente o sistema produtivo. E a curto prazo, no nível operacional, com o sistema montado e a tática de operação definida, o sistema produtivo irá executar a programação da produção para produzir os bens e/ou serviços e entregá-los aos clientes. Pode-se citar alguns exemplos de atividades, como: gerenciamento de estoque, ordens

de compras emitidas e liberadas e são executados o acompanhamento e controle (LUSTOSA *et al.*, 2008; SLACK *et al.*, 2006; TUBINO, 2007).

Quanto ao planejamento produtivo, é preciso fazê-lo de forma estratégica, focado em melhorar o posicionamento competitivo da organização e que consista na definição de políticas, que versam sobre como a produção dará suporte à posição competitiva da empresa e como servirá de apoio e complemento para as demais estratégias funcionais (LUSTOSA *et al.*, 2008).

Planejamento Estratégico é um processo de formulação de estratégias futuras, visando “maximizar os resultados e minimizar as deficiências, com a utilização dos princípios de maior eficiência, eficácia e efetividade” (CHIAVENATO; SAPIRO, 2016, p. 30). E diante de um ambiente dinâmico, como em um laticínio, sujeito a incertezas políticas e econômicas, sendo necessárias mudanças contínuas e decisões acertadas, torna-se necessária a definição clara das estratégias, levando em consideração as peculiaridades de um ambiente produtivo inserido em uma instituição pública de ensino, integrante da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação (SILVEIRA *et al.*, 2017). Entretanto, já é esperado que um planejamento estratégico sofra alterações de acordo com as mudanças ambientais (CHIAVENATO; SAPIRO, 2016).

Ao elaborar o planejamento é preciso ponderar a relação do ambiente interno, com a visão e missão estratégica da organização, e também, seus pontos fortes e fracos, e externos, sendo capaz de mensurar as oportunidades e ameaças. No planejamento estratégico serão definidos os processos que serão adotados para se alcançar um melhor desempenho (FALSARELLA; JANNUZZI, 2017).

Tendo isso em vista, é relevante salientar a sazonalidade pertinente à principal matéria-prima dos laticínios, o leite cru, podendo haver variações no volume e na qualidade da matéria-prima. Tal condição afeta diretamente a complexidade do planejamento evidenciando a necessidade de técnicas e métodos de gerenciamento e uma ótima alocação de recursos (DAL MAGRO *et al.*, 2016). E para isso, a definição do mix de produção através de Programação Linear mostra-se como um forte aliado para superar as incertezas e surpresas da produção, ao subsidiar, teoricamente, o planejamento produtivo.

2.2.1 Previsão de demanda

Através de questionário eletrônico realizado com 220 consumidores dos produtos lácteos Sabores do IFMG, foi constatado que 58,18% dos respondentes já procuraram determinado produto e este encontrava-se indisponível. Isso representa perdas para a marca,

pois foram oportunidades em que deixaram de lucrar com a venda dos produtos, além da insatisfação do cliente. Diante disso, é comprovada a importância de uma previsão de demanda adequada.

Para Werner e Ribeiro (2006, p. 494) “é fundamental que uma empresa esteja estruturada para dimensionar a quantidade de bens ou serviços que irá produzir, de forma que possa prever e atender à demanda proveniente do mercado consumidor”.

As previsões têm um papel essencial no planejamento da produção, nas vendas e nas finanças de uma organização e por demanda, entende-se a disposição dos clientes em consumir determinados bens ou serviços ofertados por uma organização (LUSTOSA *et al.*, 2008). Com isso, a previsão de demanda é uma ferramenta de grande importância no planejamento da produção, pois viabiliza uma gestão de estoques eficiente para a compra dos insumos necessários à produção, sem que haja excessos ou indisponibilidades.

Lustosa *et al.* (2008) estabelecem que para a previsão de demanda são utilizados dados do passado para projetar a demanda no futuro, mas é preciso ter cautela com períodos de demanda atípicos, por exemplo, quando há falta de oferta do produto ou produtos promocionais. Além disso, os autores citam alguns fatores comerciais que influenciam na demanda, como: preço, disponibilidade, ações da concorrência, publicidade, etc. Estes fatores geram a incerteza de demanda, dificultando a sua previsão. E isto acarreta sucessivas adaptações no montante da cadeia, pois um pico de demanda de um cliente vai gerando picos de demanda no restante da cadeia. Esse fenômeno é chamado de Efeito Chicote e é responsável pela complexidade da gestão de estoque na cadeia de suprimentos.

Após os cuidados com os dados e fatores influenciadores, é preciso pensar nas etapas do processo de previsão de demanda. De acordo com Fernandes e Godinho Filho (2010) e Tubino (2007), um modelo de previsão de demanda contém cinco fases, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Etapas do modelo de previsão da demanda.



Fonte: Tubino (2007)

Conforme Costa, Santana e Fernandes (2017), o processo tem início com entendimento de como a previsão deverá ser usada, e definirá quais produtos serão previstos, qual o grau de exatidão e detalhes serão trabalhados, e quais recursos estarão disponíveis para a previsão. Em seguida, é o momento de coletar e analisar os dados históricos do produto para decidir qual a melhor técnica a ser utilizada.

A próxima etapa é a seleção da abordagem de previsão através de métodos qualitativos ou quantitativos (abordagem causal ou séries temporais). O outro passo é selecionar quais métodos de previsão serão usados e estimar os parâmetros que forneçam informações que melhor se apliquem aos métodos usados na fase anterior. Após isso, tem-se a fase de realização da previsão para, por último, monitorar, interpretar e atualizar essa previsão (TUBINO, 2007).

Mas também, Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2014) afirmam que antes de escolher a técnica que será utilizada, é necessário pensar no horizonte de tempo.

No curto prazo, as previsões de vendas estão relacionadas às atividades de programação da produção e controle de estoque. No médio prazo (seis meses a dois anos), o Plano de Recursos e o Plano de Produção de Itens utilizam informações da previsão de vendas. No longo prazo (cinco anos ou mais), orientam as decisões sobre aumento da capacidade instalada, alterações na linha de produtos e desenvolvimento de novos produtos (GUERRINI; BELHOT; AZZOLINI JÚNIOR, 2014, p. 67).

Quanto às técnicas, antes de especificar as particularidades de cada uma delas é importante ressaltar as características normalmente presentes em todas. Tubino (2007) afirma

que: 1- os métodos de previsão partem do pressuposto de que as influências existentes no passado continuarão a ocorrer no futuro; 2- reconhecem que as previsões não são perfeitas, devido às variações aleatórias inerentes ao sistema, contudo, os erros nas previsões não devem desanimar sua utilização; 3- a precisão das previsões diminui com o aumento do período de tempo estudado; 4- as previsões agregadas são mais exatas do que as de itens individuais, visto que no grupo os erros individuais de previsão se minimizam.

Dentre as diferentes técnicas existem as qualitativas e as quantitativas. As qualitativas utilizam majoritariamente dados subjetivos, julgamentos pessoais de especialistas, que são difíceis de representar numericamente. Já as quantitativas trabalham especificamente com a análise numérica dos dados passados, excluindo opiniões pessoais. E dividem-se em abordagem causal e abordagem de séries temporais. A seguir, são apresentados os métodos de previsão.

Quadro 1 - Métodos de Previsão

ABORDAGENS DE PREVISÃO	MÉTODOS DE PREVISÃO
Abordagem Qualitativa	Consenso do comitê executivo
	Analogia histórica
	Pesquisa de mercado
	Pesquisa de clientes
	Pesquisa da equipe de vendas
	Delphi
Abordagem Causal	Análise de regressão (linear simples, curvilínea ou múltipla)
	Sistemas simultâneos
	Simulação
Abordagem de Séries Temporais	Média móvel
	Média móvel ponderada
	Suavização exponencial
	Modelos com tendência
	Modelos com sazonalidade

Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2010, p. 20)

Vale ressaltar que qualquer processo de previsão irá conter considerações tanto de natureza qualitativa quanto quantitativa em si tratando dos dados disponíveis. O que pode variar é a ênfase dada a cada abordagem escolhida. E, independente do método escolhido, como muitos fatores não são previstos com exatidão, existe a possibilidade de erro na previsão de

demanda e para amenizar esse problema o processo de previsão deve ser revisto e controlado sempre que possível.

2.2.2 Tomada de decisão

O processo de tomada de decisão segundo Fávero e Belfiore (2013) e Lachtermacher (2007) consiste na escolha das ações a serem realizadas, levando em consideração os fatores internos e externos, por exemplo: cultura organizacional, experiência do tomador de decisão, ambiente, risco e incertezas, etc. Além disso, é importante não apenas tomar boas decisões, como também justificar as decisões tomadas.

De acordo com Almeida *et al.* (2019), dificilmente o processo de tomada de decisão pode ser feito de forma intuitiva e empírica, uma vez que são necessárias análises detalhadas para a melhor escolha. Duan, Edwards e Dwivedi (2019) discorrem sobre a utilização de inteligência artificial para subsidiar as tomadas de decisão, melhorando a capacidade das organizações de usar dados para fazer previsões a um custo reduzido. Pappas *et al.* (2021) estudam o uso da Internet das Coisas (IoT) nas tomadas de decisões ligadas ao turismo. Isso porque, trata-se de tecnologia capaz de conectar e permitir a comunicação de diferentes dispositivos para criar uma experiência personalizada ao usuário.

Ou seja, independente da tecnologia utilizada, o fundamental é que haja fonte confiável para subsidiar as decisões. Almeida *et al.* (2019) também ressaltam a importância de soluções analíticas para provimento de resultados satisfatórios, por isso, modelar o problema por meio de programação linear (PL) é amplamente usada por organizações e se destaca como uma das ferramentas mais eficientes para a gestão, isso porque, auxilia na tomada de decisão quanto ao ponto ideal dentre várias variáveis de uma função estabelecida, satisfazendo um conjunto de restrições.

Nesse sentido, esse é o papel da Pesquisa Operacional, ao fornecer técnicas que geram informações essenciais na tomada de decisão, tão fundamental em ambientes cada vez mais competitivos.

2.3 Gestão financeira

A busca por métodos de custeios adequados, sistemas de produção balanceados e o gerenciamento dos recursos produtivos focados em reduzir os custos fixos e otimizar os custos variáveis, conduz os gestores a buscarem alternativas para problemas que normalmente são

encarados isoladamente. Toda organização espera adaptar-se, velozmente, e continuar competitivo (PEGORARO; RIBEIRO, 2020).

Diante disso, Rikhardsson e Yigitbasioglu (2018) citam que a contabilidade gerencial oferece suporte para tomada de decisão e controle, criando valor para a organização, pois fornece uma melhor análise dos dados financeiros. Mais especificamente sobre a gestão de custos, Laureth *et al.* (2018) afirmam que a saúde financeira e otimização dos resultados de uma instituição dependem de um sistema de gestão de custos tecnicamente bem estruturado, para que se possa prever o impacto no lucro, alterações no volume de venda, nos preços de venda e nos valores de custos e despesas, tanto fixos quanto variáveis. Okutmus, Kahveci e Kartašova (2015) corroboram ao afirmarem que um dos fatores que afetam a lucratividade de uma empresa é o custo, que é o cálculo do que é gasto com os recursos usados. Assim, os custos devem ser gerenciados de forma eficiente para tornar o lucro sustentável.

Soares *et al.* (2019) aduzem que a contabilidade de custos é importante, pois identifica, avalia e informa os custos dos produtos na intenção de fornecer ao gestor informações rápidas e precisas para que ele possa tomar decisões assertivas, que conduzam aos melhores resultados. Além disso, agrega a função de controle por auxiliar no monitoramento do desempenho empresarial.

A contabilidade de custos envolve algumas definições, como:

Custos Diretos: podem ser apropriados diretamente aos produtos e variam de acordo com a quantidade produzida (CREPALDI, 2016);

Custos Indiretos: não podem ser alocados diretamente aos produtos e, caso sejam atribuídos aos produtos, serviços ou departamentos, deverão ser utilizados critérios de distribuição/ rateio (PADOVEZE, 2018);

Custos Fixos: não variam de acordo com o volume de produção (FERRARI, 2015); e

Custos Variáveis: possuem relação direta com o volume de produção, ou seja, crescem de acordo com o volume de atividades da instituição. São considerados custos variáveis, as matérias primas diretas, despesas com suprimentos e com energia, e custos de distribuição (PEREZ JUNIOR *et al.*, 2017).

Para a gestão do custo existe um instrumento denominado Análise Custo/Volume/Lucro ou Análise CVL como é mais conhecido. Este é utilizado para projetar o resultado de produção e vendas, bem como para analisar o inter-relacionamento entre custos, quantidades vendidas e preços, possibilitando a identificação e tratamento de problemas econômicos de uma organização. Além disso, destaca-se sua importância na tomada de decisão ao ser utilizado para ajustar preços de venda, selecionar o mix de produtos, escolher estratégias de marketing e

analisar os efeitos dos custos sobre os lucros. Ligados à Análise CVL estão os conceitos de margem de contribuição, ponto de equilíbrio e margem de segurança (LAURETH *et al.*, 2018; SCHEREN *et al.*, 2019).

A margem de contribuição é calculada deduzindo todos os custos variáveis das receitas (GUTIÉRREZ, 2021). Ou seja, “representa o quanto a produção e venda de uma unidade adicional de cada produto gera de recursos monetários para a empresa, para que esta possa amortizar seus custos fixos e obter lucro” (LAURETH *et al.*, 2018, p.866). E sua importância é dada pela possibilidade de analisar a rentabilidade individual dos produtos comercializados, conseqüentemente do lucro total, uma vez que reforça o detalhamento dos custos diretos de cada produto e do preço de venda (SILVA, D. *et al.*, 2017). Também pode ser utilizado o índice de margem de contribuição (IMC), que é obtido através da divisão da margem de contribuição pela receita ou então da margem de contribuição unitária pela receita unitária (COLPO *et al.*, 2015).

Outro conceito importante para a análise CVL é a do ponto de equilíbrio, que se resume ao nível operacional onde o lucro do período é igual a zero, ou seja, quando a produção não apresenta lucro nem prejuízo, pois consegue gerar recursos suficientes para remunerar seus fatores de produção. O ponto de equilíbrio pode ser contábil, econômico e financeiro. A diferença fundamental entre os três tipos são os valores de custos fixos e despesas fixas a serem considerados em cada caso (SCHEREN *et al.*, 2019). O ponto de equilíbrio contábil representa o ponto em que a margem de contribuição consegue cobrir todos os custos e despesas fixos de um período e pode ser calculado através da Equação 1 (SILVA; LINS, 2017).

$$PEC = CF/IMC \quad (1)$$

Em que:

PEC: ponto de equilíbrio contábil (R\$);

CF: custo fixo (R\$); e

IMC: índice da margem de contribuição (%).

E a margem de segurança, que também faz parte da análise CVL, representa o volume que as vendas podem cair sem que a empresa passe a operar com prejuízo, corresponde à faixa das receitas acima do ponto de equilíbrio (SCHEREN *et al.*, 2019). Colpo *et al.* (2015) aduzem que ao conhecer o ponto de equilíbrio, sabe-se qual a receita necessária para suprir os custos e

despesas. Para calcular a margem de segurança é preciso subtrair o ponto de equilíbrio da receita total.

Soares *et al.* (2019) citam que as empresas multiprodutos priorizam a escolha de produtos que proporcionam a maior margem de contribuição e maior índice de margem de contribuição unitária na formação do mix escolhido. Produtos com maior margem de contribuição e participação nas vendas contribuem de forma global para obtenção de maior ganho, menor ponto de equilíbrio e maior lucratividade para a empresa. Entretanto, sabe-se que, em alguns casos, essa pode não ser a melhor alternativa. Isso porque, de acordo com a Teoria das Restrições, citado por Albano Junior *et al.* (2015), para planejar o mix de produtos deve-se priorizar os produtos que apresentem o maior ganho por minuto no recurso limitante, que pode ser calculado dividindo a margem de contribuição do produto pelo seu tempo de fabricação no recurso gargalo. Esse princípio pode acabar alterando o mix de produção que leva em consideração apenas a margem de contribuição de cada produto.

2.4 Pesquisa Operacional

Segundo Arenales *et al.* (2011); Fávero e Belfiore (2013); Hillier e Lieberman (2013); Marins (2011); Silva, V. (2017) e Simão (2020), o termo Pesquisa Operacional (PO) começou a ser utilizado na Inglaterra, durante a Segunda Guerra Mundial, relacionados com o apoio científico matemático nas tomadas de decisões militares acerca de problemas logísticos e táticos de grande complexidade.

Muitos autores discorrem sobre o conceito de Pesquisa Operacional e comumente encontram-se termos como: tomada de decisão; método científico; modelo matemático. Com isso, tem-se que, de acordo com Barbosa e Zanardini (2014), e Fávero e Belfiore (2013), a Pesquisa Operacional (PO) é a área do conhecimento que auxilia na tomada de melhores decisões em situações reais, ligadas às mais diversas áreas de atuação humana, através do estudo, desenvolvimento e aplicação de métodos científicos analíticos (modelos matemáticos, estatísticos e algoritmos computacionais).

Para Loesch e Hein (2009 apud SILVA *et al.* 2019, p. 25), a Pesquisa Operacional (PO) como ciência, baseia-se na matemática, na análise de sistemas e na estatística, buscando estruturar processos e propondo ações alternativas através de previsões e comparações de valores de eficiência e de custos.

De acordo com Arenales *et al.* (2011); Fávero e Belfiore (2013); Hillier e Lieberman (2013) e Lindozo *et al.* (2018), a pesquisa operacional pode ser aplicada em diversos problemas

dos setores público e privado, como: mineração, construção civil, bancos, serviços, transportes, dentre outros. E vem demonstrando um considerável impacto na melhoria da eficiência de inúmeras organizações dessas diferentes áreas, ao contribuir significativamente no aumento da produtividade das economias de diversos países.

A PO apresenta ferramentas, como Programação Linear, Programação Não-Linear, Simulação, Teoria das Filas, Teoria dos Jogos, entre outras. Entretanto, independente da ferramenta a ser empregada ou a complexidade do problema que se deseja resolver, geralmente, um estudo em Pesquisa Operacional segue determinadas etapas: a partir do sistema real, é definido o problema (objetivo, variáveis de decisão e restrições) para que seja construído o modelo matemático que o represente. Sendo assim, tem-se que o modelo construído representa precisamente as características essenciais da situação e, por isso, as conclusões (soluções) obtidas do modelo também serão válidas para o problema real. Isto feito, a próxima fase será a solução desse modelo por meio de técnicas de Pesquisa Operacional. A solução será validada se o objetivo em questão for atingido e conseguir prever com precisão o comportamento do sistema em estudo. A próxima etapa será a implementação dos resultados, que deverá ser acompanhada e controlada na intenção de realizar ajustes necessários. Ao final, é avaliado se o objetivo foi alcançado (FÁVERO; BELFIORE, 2013; HILLIER; LIEBERMAN, 2013; TAHA, 2008).

Presume-se que todos os gestores e empresários desejam ao máximo diminuir os custos inerentes e obter um melhor aproveitamento dos recursos, para isso, fazem uso da Pesquisa Operacional para auxiliá-los nessas decisões, pois um recurso quando bem utilizado e alocado agrega valor ao produto final (LINDOZO *et al.*, 2018). E é por esta razão que o presente estudo visa a aplicação da PO para auxiliar o gerenciamento do Laboratório de Processamento de Leite do IFMG – *Campus Bambuí*.

2.4.1 Programação Linear

Existem vários métodos para a elaboração da modelagem matemática (SILVA, V., 2017), entretanto, a Programação Linear (PL) tem se caracterizado como uma das principais ferramentas da Pesquisa Operacional e tem impactado e gerado muita economia de recursos nos mais diversos ramos de negócios (ALMEIDA *et al.*, 2019; FÁVERO; BELFIORE, 2013; HILLIER; LIEBERMAN, 2013; TAHA, 2008). Sheibani *et al.* (2017, p. 1445) complementam esta ideia afirmando que “a Programação Linear é uma das mais poderosas ferramentas quantitativas que é extremamente usada nos negócios, microeconomia e gestão da produção”.

Isso porque, utiliza-se de modelo matemático para descrever um problema real de otimização que busca a maximização ou minimização, no qual é necessário tomar a decisão sobre a alocação de recursos limitados, que competem entre si, da melhor forma possível (HILLIER; LIEBERMAN, 2013; MENEZES *et al.*, 2018; PUCCINI, 1980; SHEIBANI *et al.*, 2017).

Para Pinto (2008), a programação linear é composta por métodos determinísticos diretos, ou seja, o caráter determinístico pressupõe que o modelo do problema não seja influenciado por fatores probabilísticos e diretos porque buscam um único ponto ótimo para um conjunto de pontos delimitados por funções lineares.

Tendo isso em vista, ainda de acordo com Pinto (2008), ao elaborar o modelo representativo é preciso considerar três premissas: 1) variáveis de decisão positivas e contínuas, isto é, que podem assumir quaisquer valores em um intervalo de números reais (FÁVERO; BELFIORE, 2013); 2) o objetivo do problema será expresso por uma função objetivo linear, que se apresenta como um somatório de variáveis multiplicadas por um coeficiente de crescimento ou decrescimento onde se visará o máximo ou o mínimo do valor dessa soma, considerando todas as restrições do sistema (ALBANO JUNIOR *et al.*, 2015); e 3) um conjunto de restrições composto por equações ou inequações expressará quais as atividades que consomem cada recurso e em que proporção é feito esse consumo. Geralmente, os recursos escassos podem ser distribuídos de n maneiras entre as diversas atividades, entretanto, é preciso haver coerência em relação às equações de consumo de cada recurso, ou seja, é preciso satisfazer as restrições do problema (PUCCINI, 1980). De acordo com Escobet *et al.* (2019), as restrições facilitam a adaptação dos objetivos de otimização, considerando as situações reais.

E ao final, para que a solução resultante seja confiável, Taha (2008) afirma que isso dependerá da fidelidade do modelo com o sistema real e também, que a solução do modelo será viável quando satisfizer todas as restrições, mas além de viável, essa também poderá ser considerada ótima quando resultar no melhor valor (máximo ou mínimo) da função objetivo.

O modelo será confiável se obedecer às hipóteses que todo problema de programação linear deve assumir. Hillier e Lieberman (2013) e Lachtermacher (2007) descrevem:

- Proporcionalidade: a quantidade de recursos consumidos por uma atividade é sempre proporcional ao nível dessa atividade na solução final do problema;
- Aditividade: o total de todas as atividades será a soma das contribuições individuais das respectivas atividades;
- Divisibilidade: as soluções não precisam ser expressas em números inteiros;

- Certeza: o valor atribuído a cada parâmetro de um modelo de programação linear é constante, não muda.
- Não negatividade: as variáveis de decisão serão sempre maiores ou iguais a zero.

Após todas as premissas de Programação Linear atendidas, o modelo precisa ser resolvido e para isso existem diversos algoritmos ou métodos de solução que podem ser aplicados para a determinação da solução ótima do modelo, sendo o método Simplex o mais conhecido e utilizado (ALMEIDA *et al.*, 2019; FÁVERO; BELFIORE, 2013; SARODE, 2017).

O método simplex foi desenvolvido por George Dantzig, em 1947, através do projeto SCOOP (*Scientific Computation of Optimum Programs*). Inicialmente o método era realizado manualmente, mas com o surgimento do computador, em 1951, os problemas passaram a ser resolvidos com maior facilidade e o método se popularizou. O algoritmo do simplex utiliza álgebra linear com o objetivo de alcançar uma solução cada vez melhor a cada iteração, finalizando quando a solução ótima é encontrada (ARENALES, 2011). Conforme Sarode (2017), a complexidade do método simplex depende do número de variáveis e do número de restrições, sendo diretamente proporcionais a ambos.

Para a resolução desse método pode-se utilizar diversos softwares como o LINGO, LINDO, SOLVER e o VISUAL XPRESS (ALMEIDA; MARTINS; SILVA, 2013). Neste trabalho será utilizado o suplemento Excel Solver®.

Após a resolução do problema é preciso testar a sensibilidade, que nada mais é do que inferir novos valores aos limitantes das restrições e às variáveis de decisão, seja na função objetivo ou nas restrições, e assim, analisar a nova resposta. É possível que o teste de sensibilidade indique a necessidade de revisão do problema, do modelo ou até mesmo do método utilizado (PINTO, 2008).

Na revisão de literatura encontram-se pesquisas com aplicação de PL nas mais diversas áreas, a seguir, serão apresentados alguns trabalhos que tratam o assunto aqui abordado.

Bojang *et al.* (2016) estudam a utilização da programação linear para definir o padrão de cultura (5 principais culturas: painço, milho, sorgo, amendoim e mandioca) ideal para plantio na Vila de Njawara, na Gambia, visando a maximização dos lucros. Levando em consideração a área de plantação e problemas da região como a escassez de água e recursos para apoiar a produção agrícola. Com o modelo empregado, os autores chegaram a um resultado de aumento anual de 187% do lucro econômico, quando comparado com o padrão de cultivo atual.

Ainda na área da agricultura e agropecuária, Gameiro, Rocco e Caixeta Filho (2016) fazem uso da Programação Linear para definir a diversificação mais lucrativa das atividades produtivas, que incluíam a produção do leite cru como carro chefe, plantação de milho, soja e

itens para silagem e pastagem. De acordo com os autores (2016, p. 183), “o principal objetivo do modelo é definir o valor de cada atividade de produção candidata que pode otimizar o sistema como um todo, maximizando a soma do lucro operacional mensal no período de planejamento considerado”. Ao final, constataram a importância do modelo de otimização por meio de PL no auxílio ao planejamento e gestão da fazenda. Como resultado, alcançaram uma redução do custo de cerca de 30% entre o cenário de menor para o de maior diversificação. Além disso, ao utilizar sistemas integrados de produção (pecuária e lavoura juntos), surge a oportunidade de reutilização de água e resíduos animais, gerando ganhos financeiros, mas principalmente, benefícios para o meio ambiente.

Em outra área, Sheibani *et al.* (2017) estudam a utilização da Programação Linear para determinar a melhor formulação para produção de alimentos de alta qualidade nutricional e energética para situações emergenciais. Ao final do estudo, alcançaram resultado positivo no objetivo de minimizar os custos e substituir o método “tentativa e erro” na formulação desses alimentos.

No setor de laticínios, Goli *et al.* (2019) estudaram a aplicação de uma inteligência artificial híbrida e otimização robusta para a resolução de um problema multiobjetivo: determinar o melhor portfólio de produtos que maximize o lucro e minimize os riscos ligados às incertezas de retorno. Foi desenvolvido um estudo de caso na Pegah Golpayegan Company, uma indústria de laticínios, que apresentava falhas nas tomadas de decisões acerca do mix de produtos, o que gerava maior custo. A demanda futura para cada tipo de produto foi prevista usando um algoritmo meta-heurístico híbrido *Multi-Layer Perceptron* (MLP) e *Runner Root Algorithm* (RRA), e para cálculo do risco foram desenvolvidos dois modelos de otimização com base nas abordagens Bertsimas e Sim, e Ben-Tal e Nemirovski. Como resultados, foi constatado que o mix de produtos é um problema estratégico e sua solução exata não é alcançável em um tempo curto e razoável, entretanto, pôde auxiliar os tomadores de decisão a escolherem a solução apropriada, entre as possíveis, de acordo com seus critérios.

E também, outras pesquisas sobre o emprego da PL na otimização de laticínios são encontradas em: Dal Magro *et al.* (2016); Meneghini (2014) e Menezes *et al.* (2018), que desenvolveram um mix de produção que oferece melhores resultados no setor de laticínios. Estes trabalhos assemelham-se com a pesquisa que será desenvolvida no presente estudo e servem como norteadores, entretanto, há carência de estudos sobre o assunto em questão, nos setores produtivos pertencentes às Instituições de Ensino da Rede Federal.

Por ser um laboratório de ensino e estar inserido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, o Laboratório de Processamento do Leite apresenta

algumas particularidades, como: eventualmente, ocorre a utilização do ambiente e maquinário para aulas práticas, o que acaba interrompendo o processo produtivo para venda; limitação do lucro baseado nas arrecadações do ano anterior; compra anual dos insumos e processo oneroso para aquisições extras; oscilação no número de funcionários, devido à necessidade de realocação de mão de obra em outros setores, quando necessário, e maior resistência comportamental por parte dos servidores efetivos.

2.5 Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* – TOC)

Conforme Escobar, Vega e Zamora (2016), a filosofia TOC surgiu na década de 1980, derivada da Tecnologia de Produção Otimizada ou *Optimized Production Technology* (OPT), que foi criada como um software para programação da produção, por Eliyahu Goldratt, e foi rapidamente aplicada em empresas ocidentais. Alguns anos depois, os nove princípios do OPT evoluíram para uma filosofia de gestão, a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC), que se mostrou útil para verificar e melhorar o desempenho de sistemas complexos.

Alves, Santos e Schmidt (2014) aduzem que a TOC apresenta duas premissas. Uma delas é a de que as organizações têm pelo menos um gargalo que pode ser entendido como qualquer problema que impeça a empresa de atingir melhores resultados. E busca compreender o processo produtivo para auxiliar na solução de problemas e tomada de decisões relacionadas à maximização do ganho através da otimização da produção (OENNING *et al.*, 2004; PEGORARO; RIBEIRO, 2020; SILVA, A. *et al.*, 2017).

E a outra premissa é a sua visão sistêmica da instituição, na qual diferentes processos interagem entre si, gerando o sucesso ou fracasso (ALVES; SANTOS; SCHMIDT, 2014). O sistema pode ser comparado a uma corrente com elos interligados, onde sempre há um elo mais fraco, que é definido como restrição, recurso limitante ou recurso gargalo. Toda a corrente depende do elo mais fraco, pois este limitará todo o desempenho do sistema, impedindo-o de atingir suas metas, por isso, os gestores precisam se concentrar nesse ponto crítico para poder fortalecê-lo, eliminando ou amenizando a restrição, para aumentar a vantagem competitiva ao responder as exigências dos clientes em tempo. Com isso, passa a investir recursos e esforços onde são mais úteis e realmente agregarão valor, além de aumentar os ganhos e reduzir os níveis de inventário e de despesa operacional, para que todo o sistema seja melhorado (ESCOBAR; VEGA; ZAMORA, 2016; OKUTMUS; KAHVECI; KARTAŠOVA, 2015; SILVA, A. *et al.*, 2017).

O diferencial da TOC é que ela foca as ações de gestão no gerenciamento do recurso de menor capacidade, também chamado de restrição, recurso limitante ou recurso gargalo do sistema. Escobar, Vega e Zamora (2016) discorrem que a TOC considera uma restrição como qualquer área, processo ou elemento específico de um sistema que atrapalha o seu desempenho e metas. Essas restrições podem ser externas ou internas.

Sims e Wan (2017) afirmam que as restrições externas, geralmente, podem estar além do controle da gestão, porque são conduzidas pelo mercado. Esse tipo de restrição afeta a demanda e influencia o mix de produtos, que por sua vez, afeta a utilização de recursos. Já as restrições internas podem envolver: filosofia de gestão, habilidades de trabalho, regras de trabalho inflexíveis e limitação de recursos.

As restrições mais comuns podem ser classificadas como: a) restrição de mercado ocorre quando há baixa demanda; b) restrição de capacidade é a incapacidade de atender à demanda do mercado; c) restrição de matéria-prima é a escassez de matéria-prima no processo de produção; d) restrição logística é caracterizada pela deficiência no planejamento logístico, causando atraso ou falta de insumos (OKUTMUS; KAHVECI; KARTAŠOVA, 2015; PEGORARO; RIBEIRO, 2020).

Segundo Sims e Wan (2017), a análise das restrições envolve duas etapas. A primeira visa determinar se realmente há uma restrição no sistema de manufatura e a segunda tem como objetivo a identificação de restrições secundárias / terciárias, que quando gerenciados e programados adequadamente apresentam capacidade suficiente, mas podem representar prejuízos ao sistema quando gerenciados de forma inadequada.

Ainda de acordo com Sims e Wan (2017), para determinar a existência de uma restrição é preciso calcular e comparar o *takt time*, que é o tempo de ciclo necessário para atender a demanda do mercado, e os tempos de ciclo, que são os tempos gastos para finalização de uma etapa do processo produtivo. Se o *takt time* for maior do que o tempo de ciclo, o sistema é capaz de atender à demanda do cliente, então, pode-se dizer que há uma restrição externa. Em outro caso, quando a demanda excede a capacidade de qualquer um dos recursos do sistema de manufatura, determina-se que há um verdadeiro gargalo e a restrição é interna. Outro método para verificar se há uma restrição interna é por meio da capacidade sobressalente, que é a diferença entre o tempo de ciclo e o *takt time*. O recurso com a menor quantidade de capacidade sobressalente é o principal gargalo.

Quando as limitações são conhecidas é possível promover melhorias, em especial, com o uso das cinco etapas do método de focalização, eliminando rigorosamente essa restrição e

avançando para a próxima promovendo ciclos de melhoria contínua (OKUTMUS; KAHVECI; KARTAŠOVA, 2015; SILVA, A. *et al.*, 2017).

Escobar, Vega e Zamora (2016) afirmam que o ciclo da teoria das restrições é constituído por cinco fases (Figura 3). Primeiramente, é preciso identificar a restrição que está limitando a capacidade de produção do sistema. Em seguida, busca-se a otimização desse recurso gargalo, concentrando esforços na eliminação das atividades que envolvam desperdício ou perda de tempo e aproveitando ao máximo o seu potencial. Posteriormente, é preciso subordinar os demais processos à restrição, pois esta é quem ditará o ritmo de todo o fluxo de produção, para que não haja tempo ocioso ou estoques em processo. Adiante, segue-se para a etapa de elevar a capacidade do ponto restritivo, aumentando assim, o desempenho do sistema como um todo. E por fim, se faz necessário voltar ao passo um e identificar uma nova restrição, para que haja um ciclo da melhoria contínua, de modo que a inércia não tome conta do sistema.

Figura 3 - Cinco etapas do processo de focalização proposta pela TOC



Albano Junior *et al.* (2015) afirmam que para explorar ao máximo as restrições deve-se considerar os nove princípios da Teoria das Restrições, que são:

- Balancear o fluxo ao invés da capacidade;
- A utilização de um recurso não gargalo não é determinada por sua disponibilidade, mas por alguma outra restrição do sistema;
- Utilização e ativação de um recurso não são sinônimos;

- Um minuto ganho em um recurso gargalo é um minuto ganho em todo o sistema;
- Um minuto ganho em um recurso não gargalo não é nada, pois o recurso que limitará a capacidade do sistema é o recurso gargalo;
- O lote de transferência, não deveria ser igual ao lote de processamento, logo o intuito de se ganhar tempo e/ou capacidade na operação gargalo;
- O lote de processamento deve ser variável e não fixo;
- Os gargalos não só determinam o fluxo, mas também definem seus estoques; e
- A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultâneas e não sequencialmente.

Da TOC originou-se o método Tambor-Pulmão-Corda (TPC), para auxiliar no planejamento da produção. O tambor é o recurso restritivo que ditará o ritmo a ser seguido pelos demais recursos e estará em constante operação. Para evitar interrupções, é criado o pulmão, que garantirá que sempre haja insumos na medida certa para o recurso limitante, sem excessos ou faltas. E a corda pode ser definida como um sistema de comunicação que amarra toda a produção, porque ela é a responsável por informar quanto cada etapa precisa produzir para manter o gargalo e as demais tarefas abastecidas e, conseqüentemente, manterá a capacidade máxima da produção (SIMÕES; LIMA, 2018).

Em relação à busca pela otimização da produção, Oenning *et al.* (2004) analisam comparativamente os princípios da Programação Linear e da Teoria das Restrições, e encontram alguns objetivos comuns destacando-se a visão de sistema; a busca pela otimização de resultados; e a atenção às restrições de produção. Entretanto, há diferenças, neste caso, estão na forma de maximização dos ganhos. A Programação Linear limita-se a oferecer o melhor mix de produção, sem qualquer tratamento dos resultados obtidos. Já a Teoria das Restrições, além de buscar a maximização dos lucros através de melhorias no uso das restrições, preocupa-se também em formatar um modelo de decisão que auxilia os gestores a ampliarem as capacidades das restrições através de sua administração.

Outro estudo que alia a TOC com a programação linear, na busca pelo ganho máximo a cada instante, seja no momento presente como no futuro, mediante a criação de cenários, é o desenvolvido por Vieira *et al.* (2011). Conforme os autores, a união dessas ferramentas proporciona à empresa um controle de todas as variáveis envolvidas no processo produtivo.

Albano Junior *et al.* (2015) também estudam o emprego da Teoria das Restrições, juntamente com a Programação Linear como forma de aliar os benefícios que ambas as ferramentas podem oferecer. Segundo os autores (2015, p.18), “optar por uma determinada

técnica ignorando as vantagens que a outra pode vir a oferecer é perder a oportunidade de se obter ferramentas capazes de aumentar a competitividade da empresa no mercado”. No estudo, eles utilizaram as duas técnicas para planejar o mix de produtos que maximizem os lucros em uma fábrica de refrigerantes. Como resultado, foi concluído que as duas ferramentas indicavam o mesmo mix de produtos, oferecendo maior certeza para que a gestão tomasse uma decisão acertada.

Quando planejado o modelo de programação linear visando a maximização da margem de contribuição, espera-se definir o mix de produtos que contribua de forma global para obtenção de maior ganho, menor ponto de equilíbrio e maior lucratividade para a empresa (SOARES *et al.*, 2019). Contudo, ao analisar do ponto de vista da Teoria das Restrições, é preciso considerar os produtos que apresentem o maior ganho por minuto no recurso limitante, que pode ser calculado dividindo a margem de contribuição do produto pelo seu tempo de fabricação no recurso gargalo. Esse princípio pode acabar alterando o mix de produção que leva em consideração apenas a margem de contribuição de cada produto (ALBANO JUNIOR *et al.*, 2015).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta o método de pesquisa adotado neste estudo. Assim, são apresentadas a classificação desta pesquisa, informações sobre o ambiente de estudo e a forma de abordar o problema.

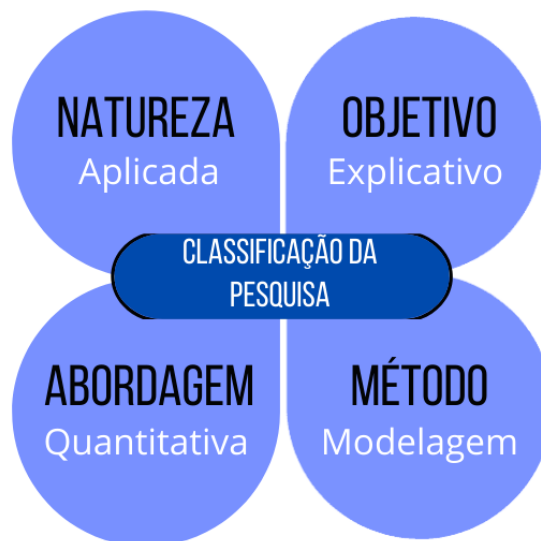
3.1 Tipo de pesquisa

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), o que caracteriza uma pesquisa é a necessidade de buscar respostas. E a natureza aplicada é definida como a capacidade de gerar conhecimento com aplicação prática, voltado para solução de problemas, envolvendo verdades e interesses locais (MIGUEL *et al.*, 2018). Por isso, o presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada, pois tem o objetivo de estudar a produção do Laboratório de Processamento de Leite do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Bambuí*, e otimizá-la ao empregar à Pesquisa Operacional para a definição do mix ótimo de produtos.

A pesquisa segue o objetivo explicativo, que segundo Gil (2008) identifica os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofundando o conhecimento da realidade ao explicar a razão dos fatos. Esta pesquisa caracteriza-se como explicativa, uma vez que otimizará a produção do Laboratório de Processamento de Leite do IFMG – *Campus Bambuí*, através de um modelo matemático, empregando-se a Programação Linear com o auxílio do programa Microsoft Excel e seu suplemento, Solver®. Como resposta, espera-se demonstrar a relação entre a aplicação deste método com a otimização da produção e o aumento do lucro do laboratório.

Além disso, quanto à abordagem, esta pesquisa segue a linha quantitativa, devido ao emprego da quantificação, tanto na coleta de dados, quanto na análise, quando serão utilizados métodos matemáticos (NEVES; DOMINGUES, 2007). Acerca dos procedimentos técnicos, utilizou-se a modelagem matemática, que consiste na representação das características do sistema físico real (SFR) mediante símbolos matemáticos e cria cenários a fim de prever o seu comportamento em diferentes condições e construir hipóteses a partir das observações (BAZZO; PEREIRA, 2006; FREITAS FILHO, 2008; MIGUEL *et al.*, 2018). Um resumo com a classificação desta pesquisa é apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Classificação da Pesquisa



3.2 Ambiente do estudo

3.2.1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – *Campus* Bambuí

De acordo com a Lei Nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, que criou os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, estes são instituições pluricurriculares e multicampi, especializados na oferta de educação profissional e tecnológica em todos os níveis e modalidades de ensino, com base na conjugação de conhecimentos técnicos e tecnológicos. Além disso, possuem natureza jurídica de autarquia, detentoras de autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógica e disciplinar, com proposta orçamentária anual identificada para cada *campus* e a reitoria, exceto no que diz respeito a pessoal, encargos sociais e benefícios aos servidores.

É fundamental a compreensão do orçamento institucional para que se possa analisar as limitações e potenciais no que tange a gestão do Laboratório de Processamento de Leite – LPL, neste contexto, segundo a Pró-Reitoria de Administração e Planejamento do IFMG (2017), em consonância com a Lei Orçamentária Anual - LOA, anualmente, o IFMG informa ao Ministério da Educação e ao Ministério do Planejamento como pretende utilizar a previsão orçamentária para o próximo ano para que constitua o Projeto de Lei Orçamentária Anual que será submetida à aprovação do Congresso Nacional.

As despesas são agregadas em grupos de acordo com as características do objeto de gastos, do qual se pode citar: pessoal e encargos sociais, recursos de custeio e de capital.

As ações são discricionárias e são direcionadas para o funcionamento, envolvendo despesas de custeio e de capital, sendo o montante calculado de acordo com o número de estudantes matriculados; Assistência Estudantil, que são os auxílios que contribuem para o acesso, permanência e bom desempenho do estudante; Fomento à Extensão, Pesquisa e Inovação; Expansão e Reestruturação; e Capacitação de Servidores.

O recurso orçamentário do IFMG é composto por previsão de arrecadação da receita de impostos federais, contribuições e receitas próprias, provenientes da comercialização de excedentes produtivos na instituição, como carnes, hortifruti, doces e laticínios. Há ainda taxas de uso de espaços cedidos para cantinas e contratos de parcerias. Os recursos gerados pelo *campus* são limitados à previsão anual.

Ainda de acordo com a Pró-Reitoria de Administração e Planejamento do IFMG (2017), para distribuição dos recursos há a metodologia da Matriz CONIF (Conselho Nacional das Instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica), que leva em consideração fatores determinantes como, principalmente, o peso dos cursos e o número de alunos ativos, mas existem também, outros critérios como carga horária dos cursos, dias de curso e bonificações. Através desses fatores é possível chegar a um número de matrículas ponderadas, que demonstrarão o esforço e a representatividade de cada turma como uma fração do orçamento destinado à Rede EPT.

Segundo dados do Manual do Orçamento Ano 2019 do IFMG, o instituto é composto por 18 *campi* e mais a Reitoria, sendo o *campus* Bambuí, tema do presente estudo, a unidade com maior valor de custeio e capital, atrás apenas da Reitoria. O Orçamento de 2019 do *campus* Bambuí é a soma de três diferentes fontes de recurso:

1. Número de matrículas ponderadas, nas modalidades presencial e à distância (EAD): R\$ 6.265.376,48 (64,9% do orçamento total);
2. Assistência Estudantil, com aditivo de Regime de Internato Pleno (RIP), por possuir alojamento no *campus*: R\$ 2.240.111,18 (23,2% do orçamento total);
3. O recurso gerado por receita própria: R\$ 1.149.237,48 (11,9% do orçamento total).

3.2.2 Laboratório de Processamento de Leite – LPL

O objeto deste estudo é o Laboratório de Processamento de Leite (LPL) do IFMG – *Campus* Bambuí, inaugurado em 1981. Em sua essência, o LPL não possui fins lucrativos, e é

voltado para o ensino prático, além de fornecer produtos para o restaurante do *campus* e outros fins institucionais. Contudo, os produtos excedentes são vendidos no Posto de Vendas “Sabores do IFMG” e auxiliam na obtenção de receitas para a instituição.

O LPL conta, atualmente, com três trabalhadores e realiza o processamento de derivados de leite bovino e caprino, entretanto, neste estudo serão considerados apenas os produtos de procedência bovina, devido à maior demanda do mercado.

Todo o leite cru recebido no LPL é provido pelo Setor de Bovinocultura, também situado no IFMG – *Campus* Bambuí. O recebimento do leite segue normas de verificações com base nas normas do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), sendo posteriormente pasteurizado, seguindo os procedimentos de produção da instituição. Todos os processos de produção usam dois tipos de energia: energia elétrica e térmica, que é proveniente da queima de lenha, que por sua vez, aquece a caldeira gerando vapor.

Atualmente, no portfólio do referido laboratório estão incluídos os seguintes produtos: doce de leite (Q_1), iogurte (Q_2), leite tipo C (Q_3), manteiga (Q_4) e queijos do tipo minas frescal (Q_5), minas padrão (Q_6), muçarela (Q_7), parmesão (Q_8), prato (Q_9), provolone (Q_{10}), requeijão (Q_{11}), e a ricota (Q_{12}). Foi estudada a produção geral, não optando por um produto específico. Após o processamento, os produtos são conservados em câmaras frias, alguns já estão prontos para venda e podem ser destinados ao Posto de Vendas Sabores do IFMG, outros precisam aguardar o tempo de maturação para que desenvolvam as características de cada produto, como aroma, sabor e outros aspectos, que variam de acordo com o tipo de produto.

O Posto de Vendas Sabores do IFMG é responsável pelo controle de estoque do ponto de venda, bem como da qualidade de acondicionamento dos produtos, tempo de validade, venda e entrega dos produtos aos clientes.

3.2.3 Processo produtivo

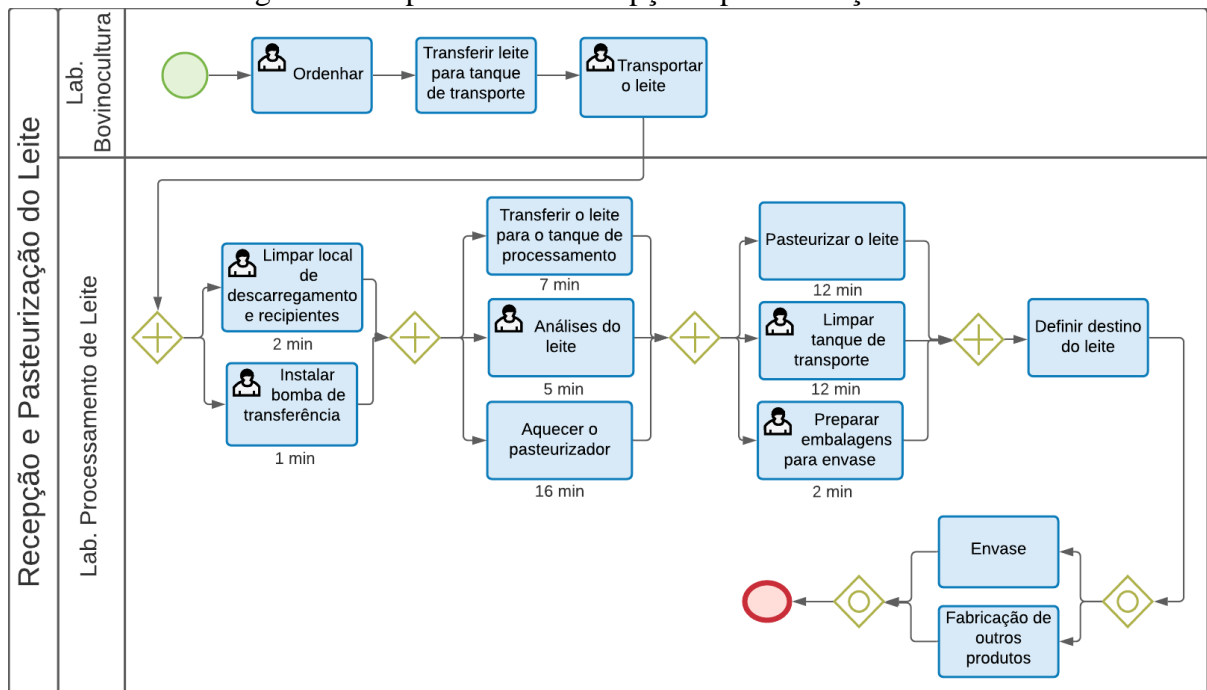
Para melhor visualização do processo produtivo, foi desenvolvido os mapeamentos da fabricação de cada produto, usando a técnica *Business Process Model and Notation* (BPMN). O mapeamento permite a análise de operações, a organização do fluxo de trabalho, a determinação das principais etapas desenvolvidas e os possíveis impactos diante da tomada de decisões. Além disso, auxilia na revisão constante dos processos, facilitando sua aprimoração (REBELO *et al.*, 2020).

O processo produtivo do leite no IFMG – *Campus Bambuí* (Figura 5), inicia-se no setor de bovinocultura com a ordenha do leite cru *in natura*. Em seguida, é transportado, para o Laboratório de Processamento de Leite (LPL) com o auxílio de um tanque isotérmico, tracionado por um trator.

Na recepção do leite são seguidas as normas de verificações com base nas normas do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). É verificada a quantidade recebida e analisado o pH do leite, com a utilização do teste colorimétrico (alizarol) e o teor de gordura do leite, mediante o método Gerber, com ácido sulfúrico e álcool isoamílico.

Existem duas formas de processamento, com ou sem a pasteurização. Quando necessita de pasteurização, esta é realizada com o auxílio de um pasteurizador, com capacidade de processamento de até 1.000 L h^{-1} . A pasteurização consiste em submeter o leite a temperaturas de 72 a 75°C , durante 15 a 20 segundos. Em seguida, ocorre o resfriamento imediato, a uma temperatura de 4 a 5°C . Após a pasteurização, o leite é envasado ou direcionado para a produção dos demais produtos.

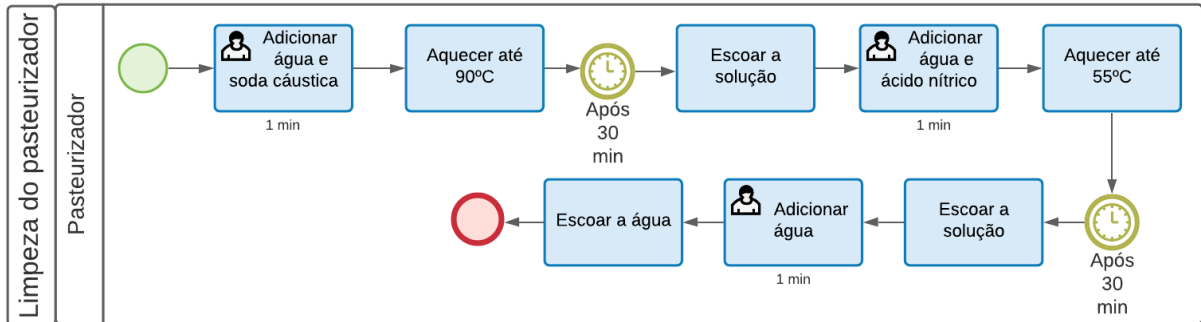
Figura 5 - Mapeamento da recepção e pasteurização do leite



Depois da pasteurização, é feita a limpeza do equipamento e tubulações (Figura 6) utilizando-se soda cáustica diluída em água (250 g dia^{-1}) e posteriormente, ácido nítrico, também diluído em água (250 mL dia^{-1}). Essas misturas são aquecidas dentro da tubulação a

uma temperatura de 90°C para a primeira solução e 55°C para a segunda. E por último é feita a lavagem com água para retirar os resíduos.

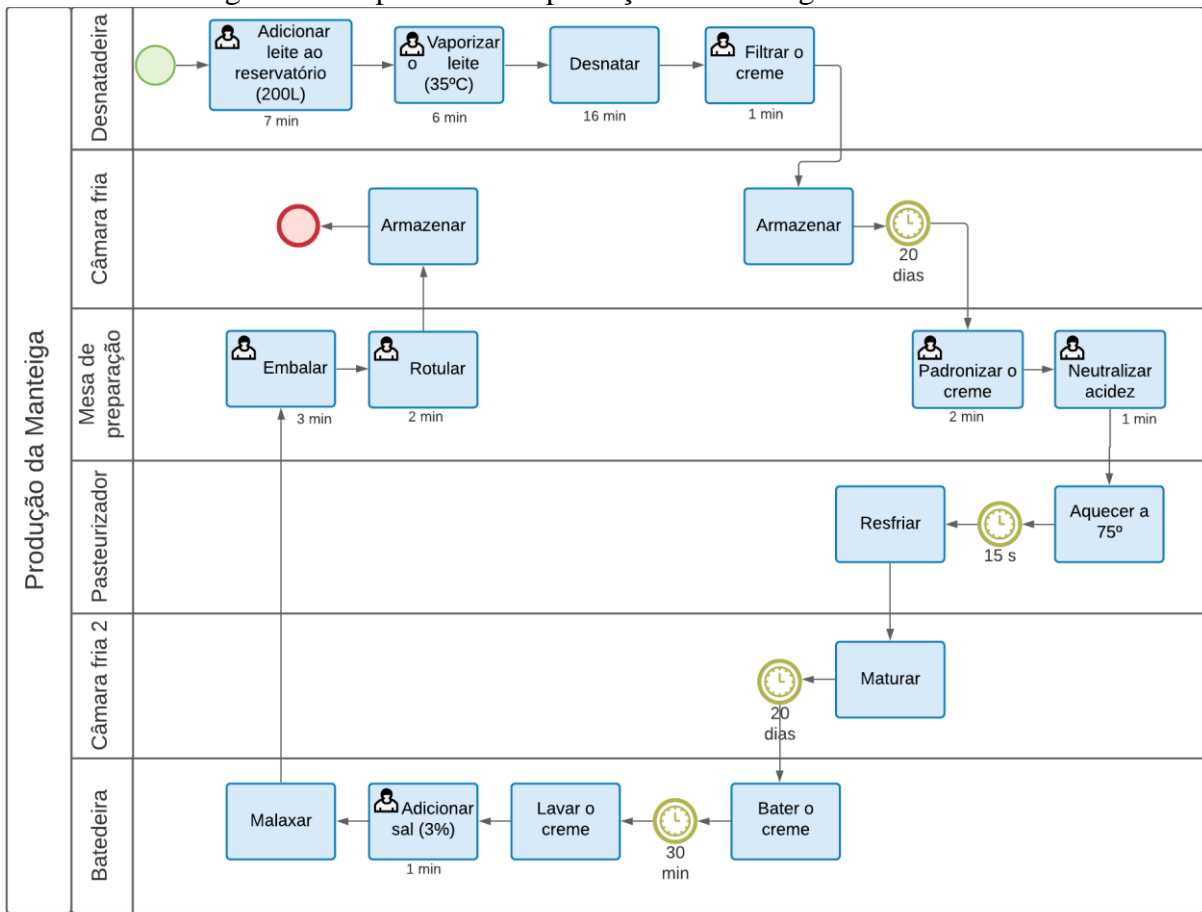
Figura 6 - Mapeamento da limpeza do pasteurizador



3.2.3.1 Processo produtivo da manteiga

Para a produção da Manteiga, utiliza-se a desnatadeira. O leite cru é adicionado no equipamento, onde ocorre o ponto de separação, que geram duas matérias primas, leite com baixo teor de gordura e um creme com alto teor de gordura. A matéria com alto teor de gordura é utilizada na produção da manteiga (Figura 7). Nota-se que o creme gerado no processo de desnatagem é armazenado por pelo menos 20 dias em câmara fria, para melhorar a qualidade e conservação do produto final. Após esse período é feita a padronização, neutralização, pasteurização, resfriamento e maturação por mais 20 dias. Então, o creme é batido para que haja a união dos glóbulos de gordura e a separação do leitelho. Posteriormente, é feita a lavagem da manteiga, a salga e a malaxagem, que consiste no processo de amassar a massa até que fique homogênea e elástica. Após essa etapa a manteiga já estará pronta para ser embalada e armazenada. Todo o processo necessita de 39 min de mão de obra.

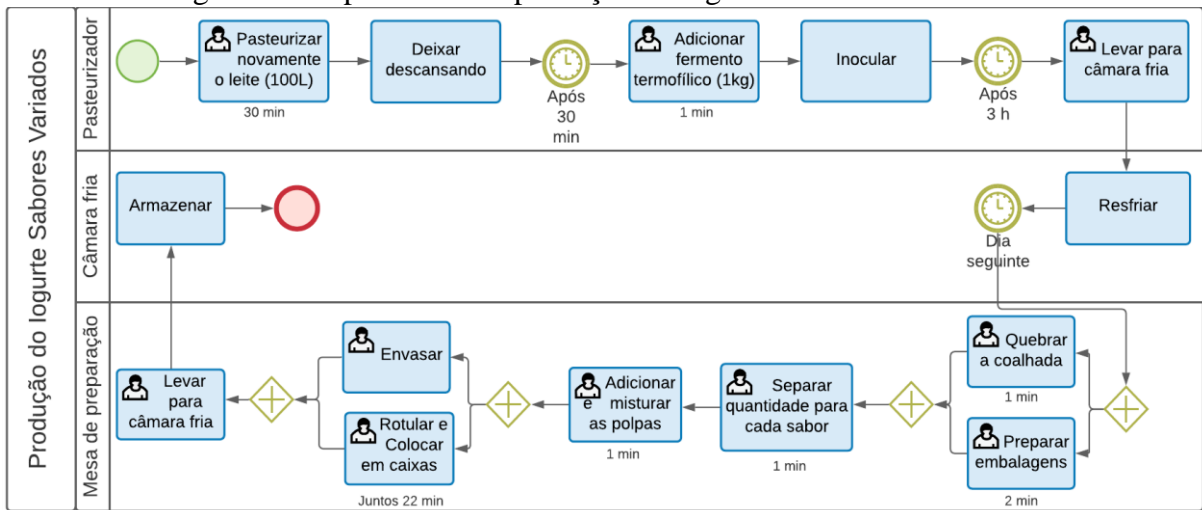
Figura 7 - Mapeamento da produção da manteiga extra com sal.



3.2.3.2 Processo produtivo do iogurte

No processo produtivo do iogurte (Figura 8), o leite é pasteurizado e em seguida é submetido a um outro método de pasteurização do leite, através da fervura, para a eliminação de todas as bactérias. Posteriormente, o leite descansa por 30 min, é adicionado o fermento termofílico e aguarda-se a inoculação, que ocorre em um prazo de três horas. Em seguida, é resfriado. No dia seguinte, é finalizado com a adição das polpas, envasado, rotulado e armazenado em câmara fria.

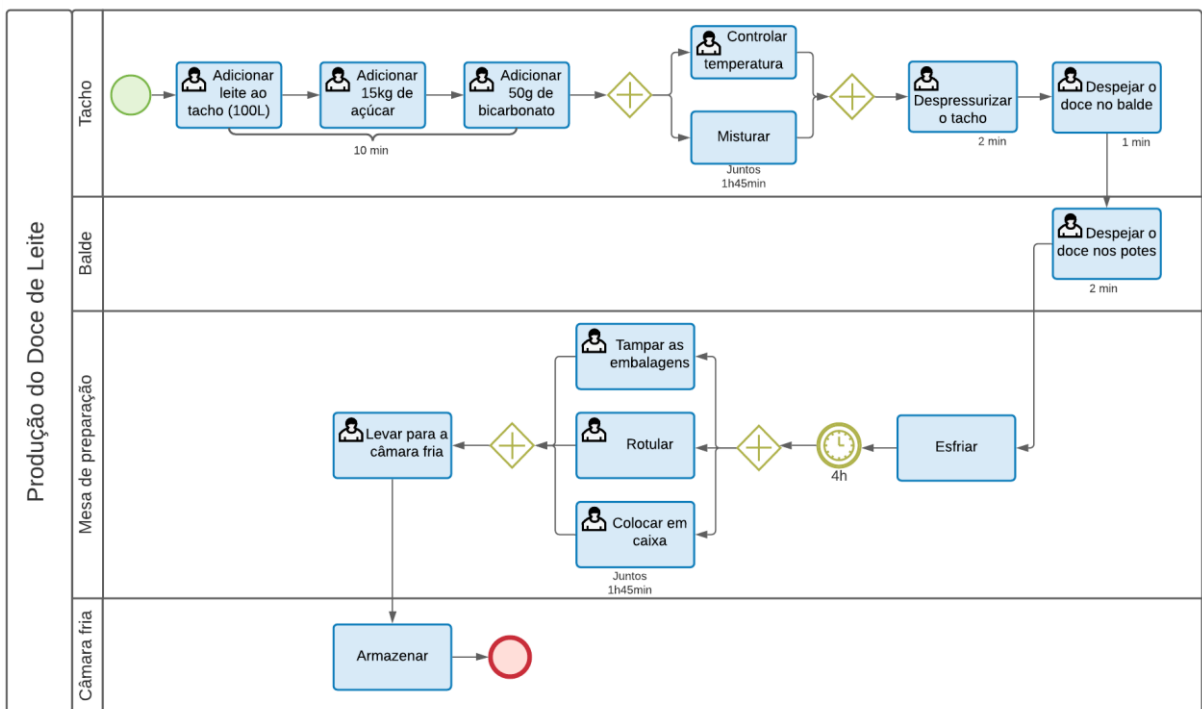
Figura 8 - Mapeamento da produção do iogurte de diferentes sabores



3.2.3.3 Processo produtivo do doce de leite

A produção do doce de leite (Figura 9) é feita com a utilização de 100 L de leite pasteurizado, açúcar e bicarbonato de sódio. O equipamento utilizado é o tacho, revestido de uma camisa cujo interior circula vapor d'água, e é responsável por aquecer e mexer a massa. Durante toda a fabricação, a temperatura é controlada manualmente por um funcionário, abrindo-se ou fechando-se o registro, a fim de controlar a pressão.

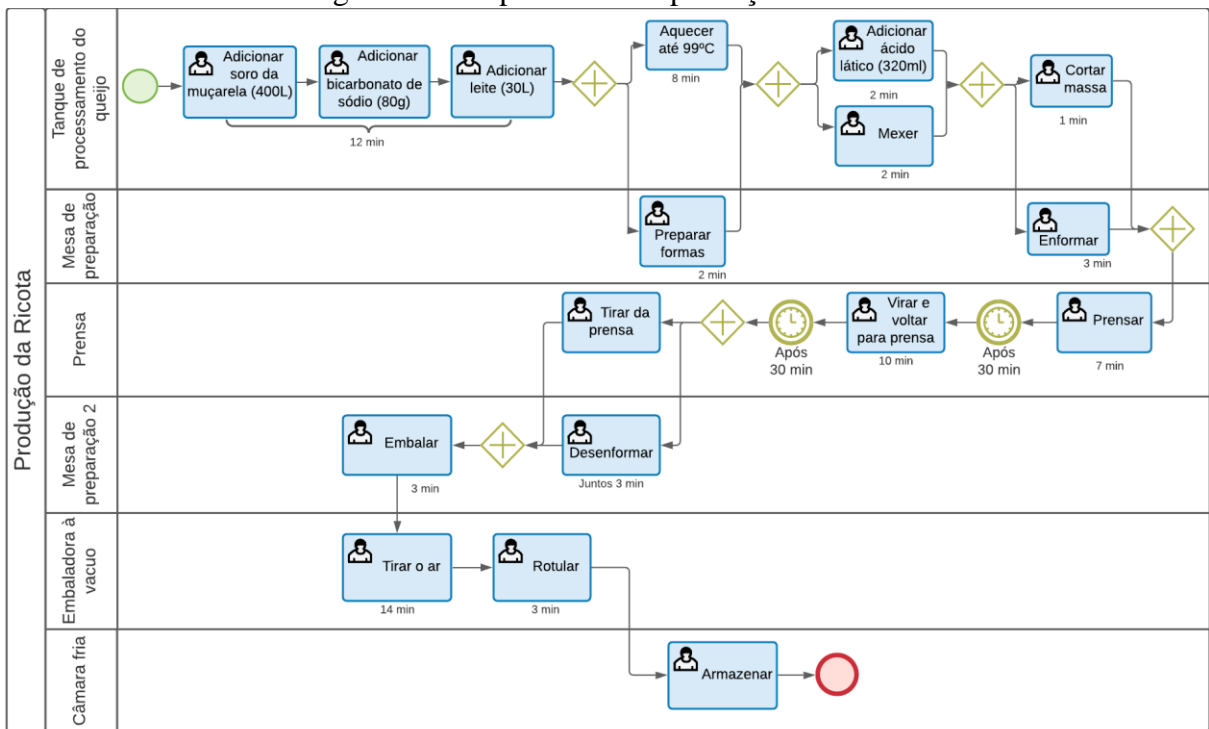
Figura 9 - Mapeamento da produção do doce de leite



3.2.3.4 Processo produtivo da ricota

A principal matéria-prima da ricota é o soro gerado na produção da muçarela (Figura 10). Também são adicionados o bicarbonato de sódio e um pouco de leite, para então aquecer até 99°C e posteriormente acrescenta-se o ácido láctico. Quando a massa atingi o ponto, realiza-se o corte e a enformagem, seguido pela prensagem. Após o período de 30 min na prensa, a massa é virada na forma e volta para a prensa por um período de mais 30 min. Em seguida, a ricota está pronta, embala-se e é armazenada em câmara fria.

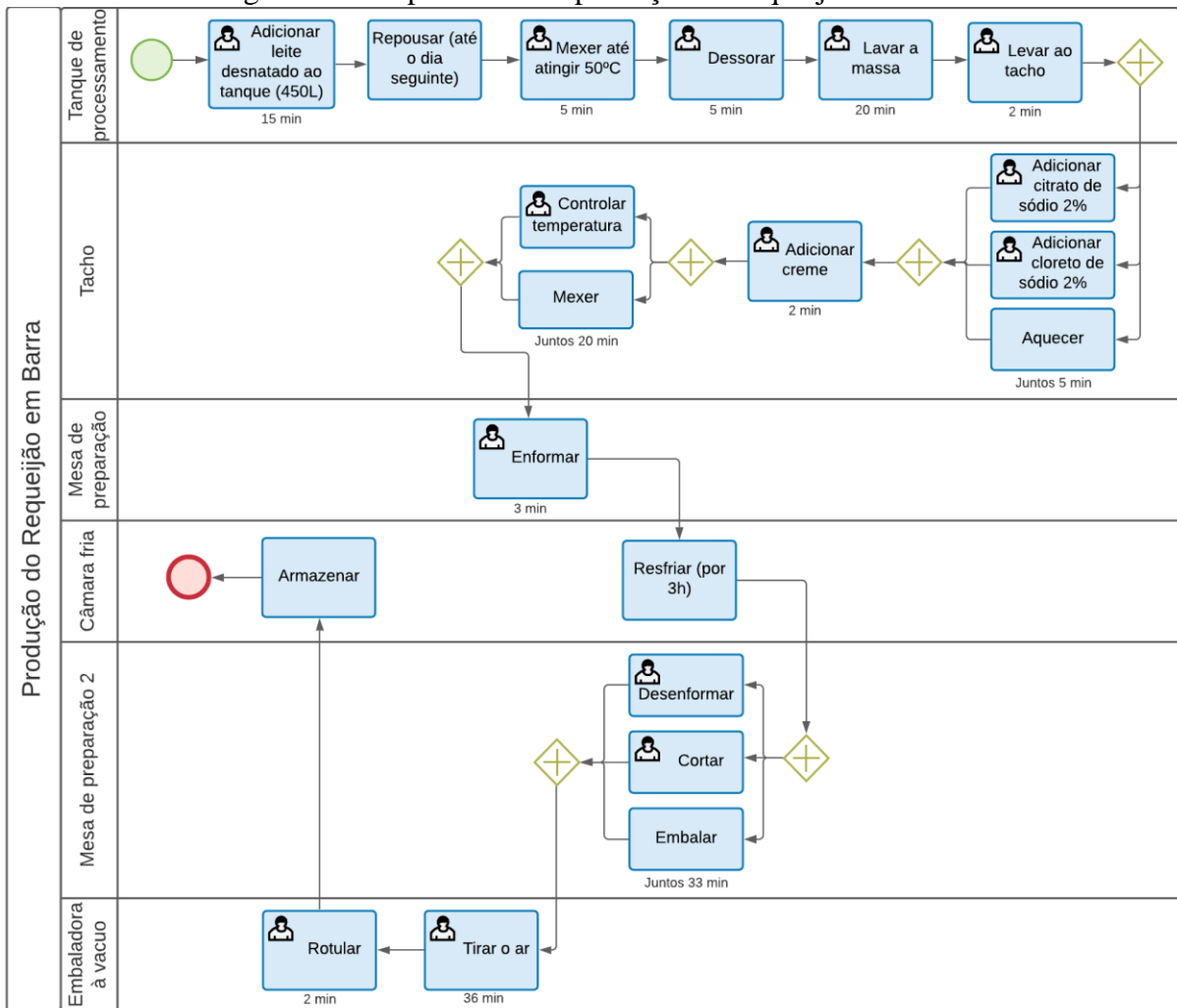
Figura 10 - Mapeamento da produção da ricota



3.2.3.5 Processo produtivo do requeijão em barra

A fabricação do requeijão em barra (Figura 11) utiliza-se 450 L de leite desnatado e tem seu início no tanque de processamento para que ele possa ser aquecido, dessorado, e realizada a lavagem da massa. Posteriormente, é levado ao tacho, onde são adicionados outros ingredientes, que são aquecidos e misturados. Assim como no processamento do iogurte, a temperatura do tacho precisa de constante monitoramento e é realizado de maneira manual. Após esse processo o produto já pode ser enformado e resfriado pelo período de três horas. Por fim, pode ser desenformado, cortado, embalado, rotulado e armazenado.

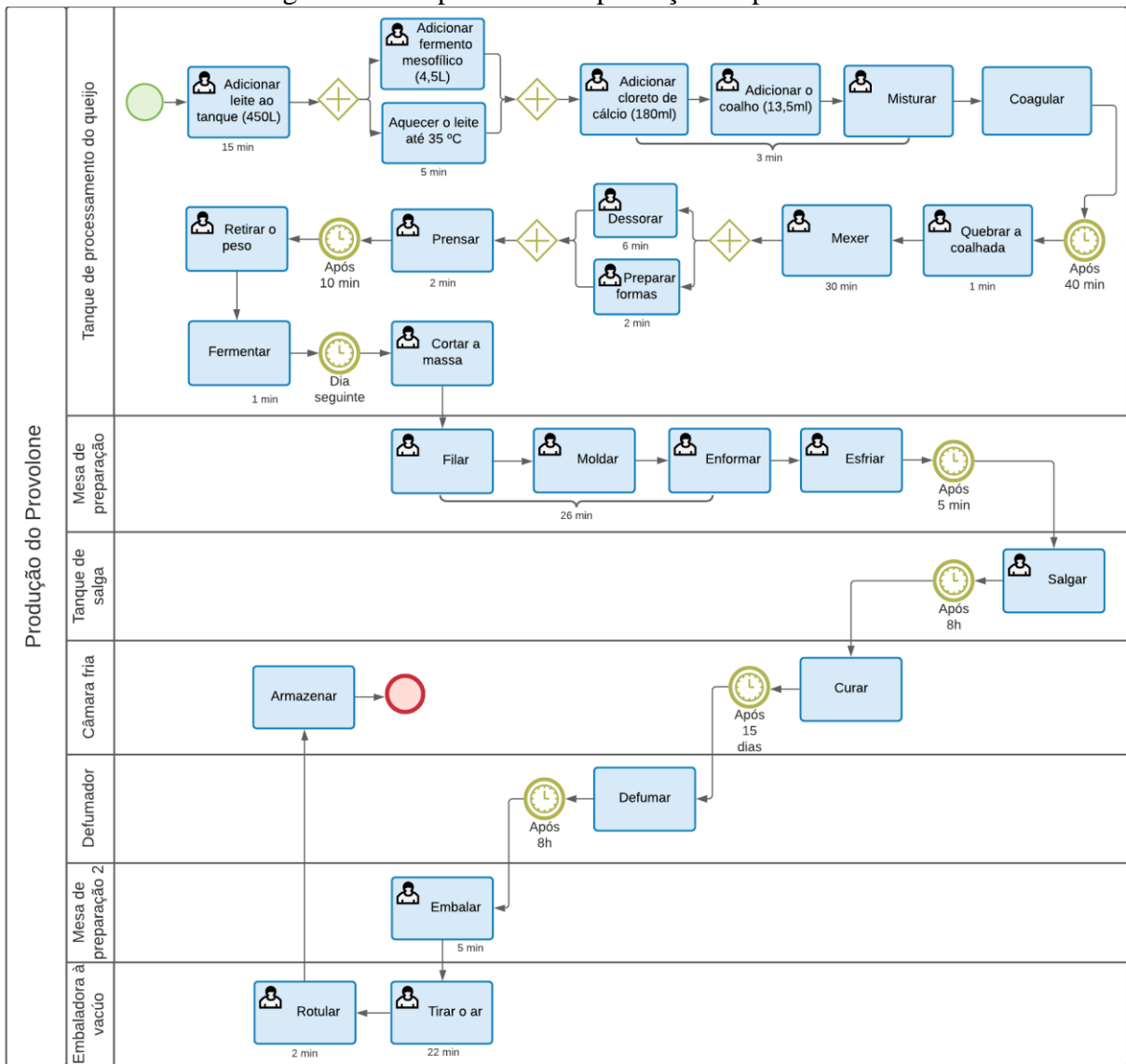
Figura 11 - Mapeamento da produção do requeijão em barra



3.2.3.6 Processo produtivo dos queijos

Na Instituição é produzido e comercializado os queijos provolone, queijo minas frescal, queijo minas padrão, muçarela, parmesão e prato. Os processos produtivos dos diferentes tipos de queijo se assemelham, entretanto, há pequenas diferenciações que conferem aos queijos seus sabores e suas características. Um exemplo disso é a fabricação do queijo provolone (Figura 12), que é o único que passa pelo defumador.

Figura 12 - Mapeamento da produção do provolone



Outras etapas distintas estão na forma de quebrar e mexer o coalho, bem como o tempo desses processos. Há também a diferença na prensagem e salga. A seguir, serão apresentados os processos produtivos dos queijos minas frescal (Figura 13), minas padrão (Figura 14), muçarela (Figura 15), parmesão (Figura 16) e prato (Figura 17).

Figura 13 - Mapeamento da produção do queijo minas frescal

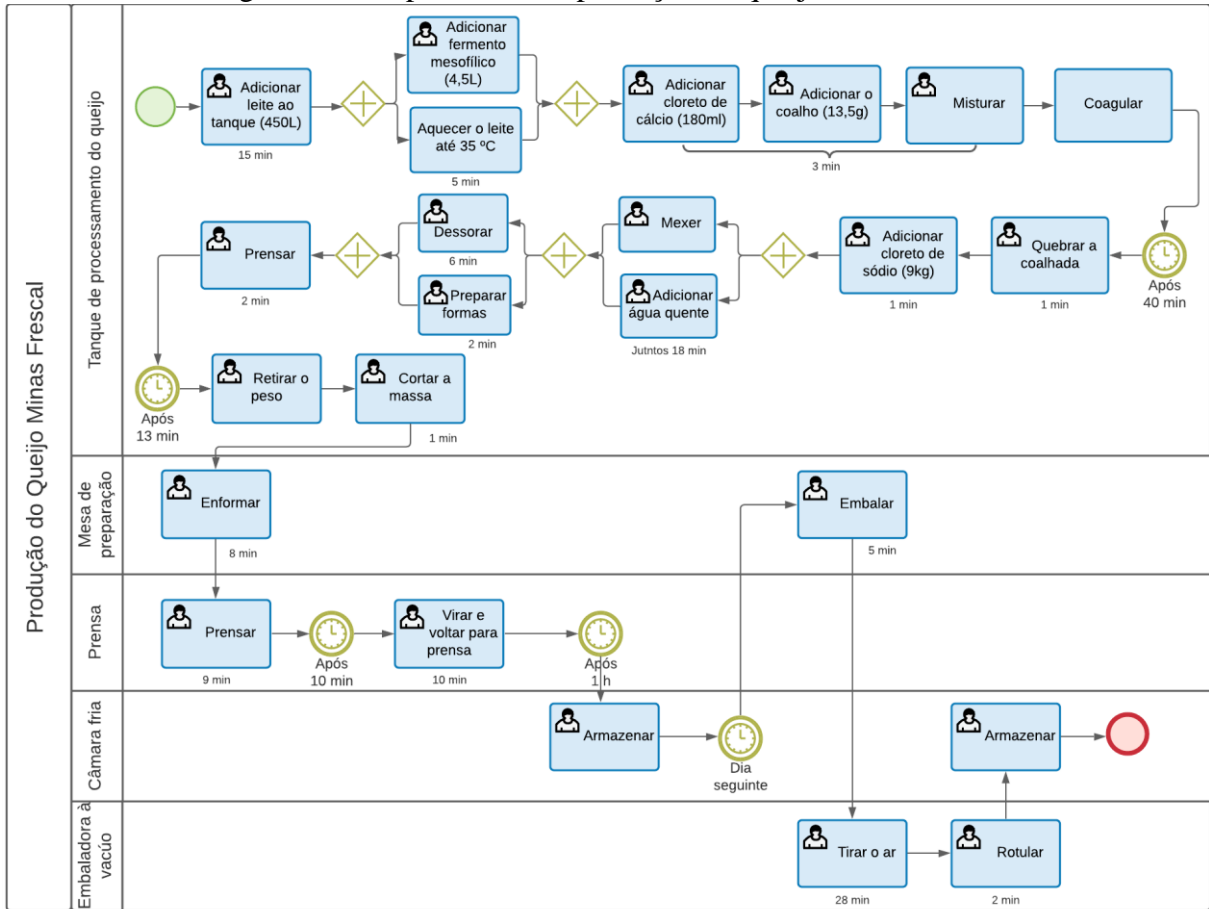


Figura 14 - Mapeamento da produção do queijo minas padrão

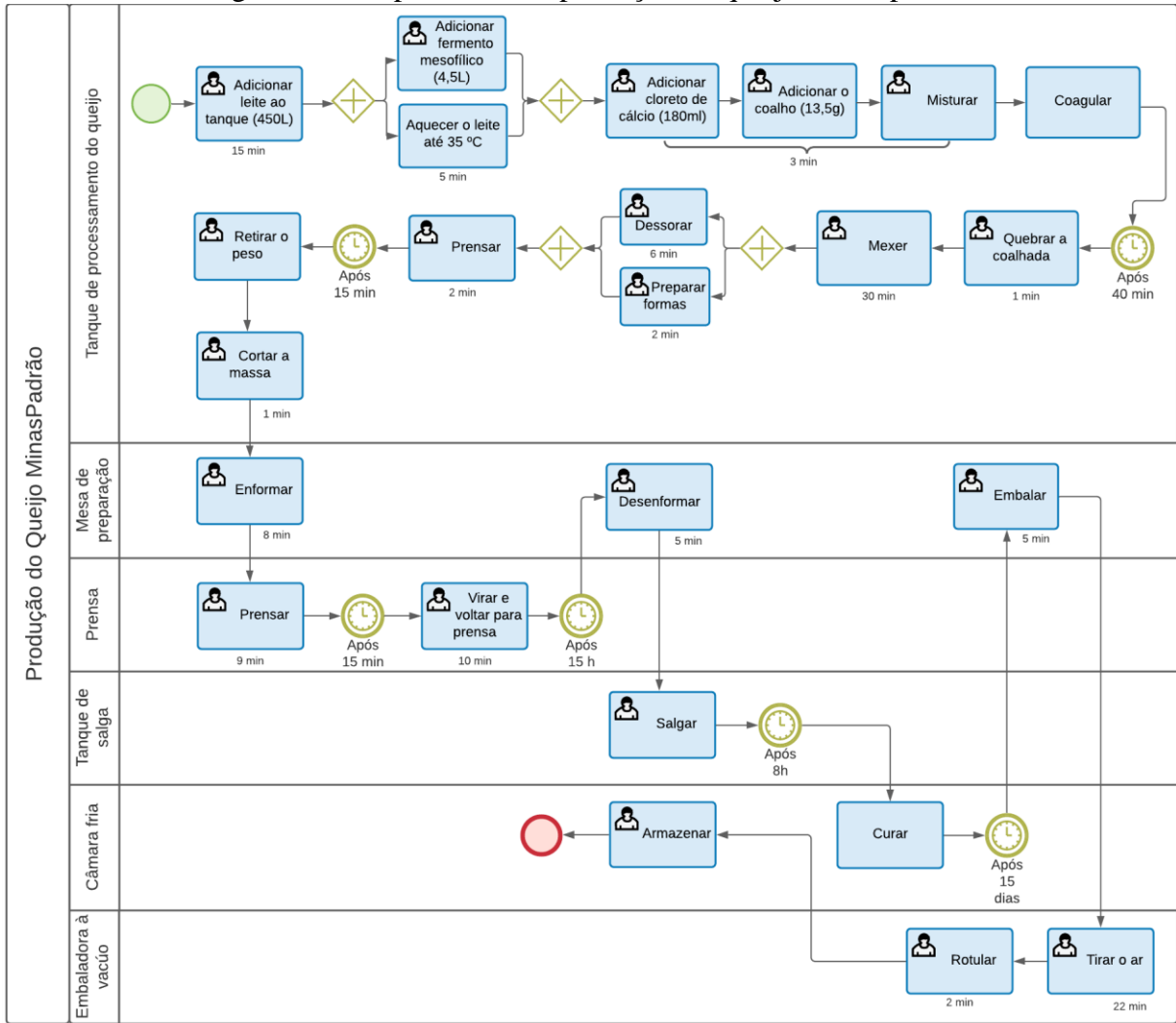


Figura 15 - Mapeamento da produção da muçarela

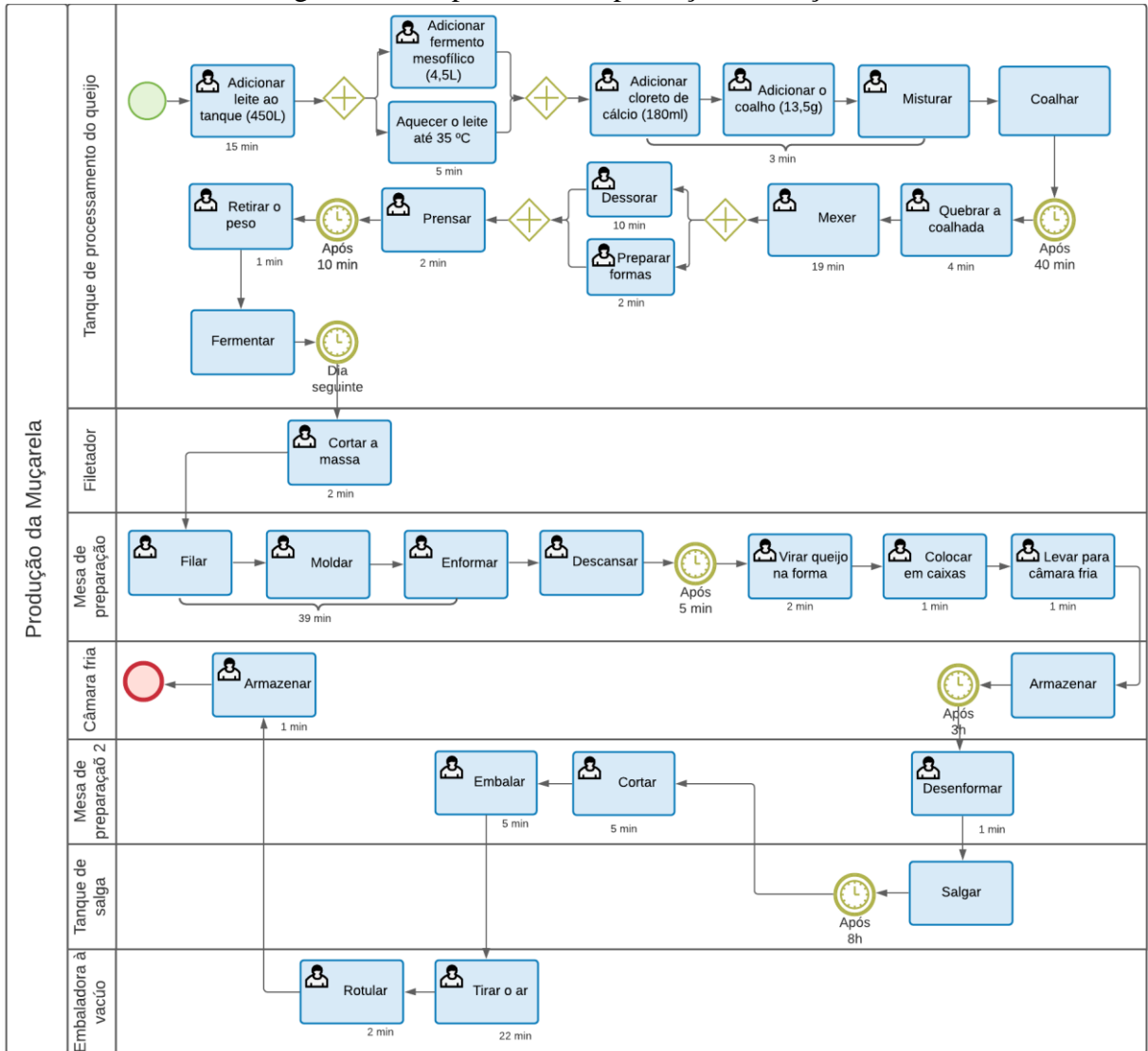


Figura 16 - Mapeamento da produção do parmesão

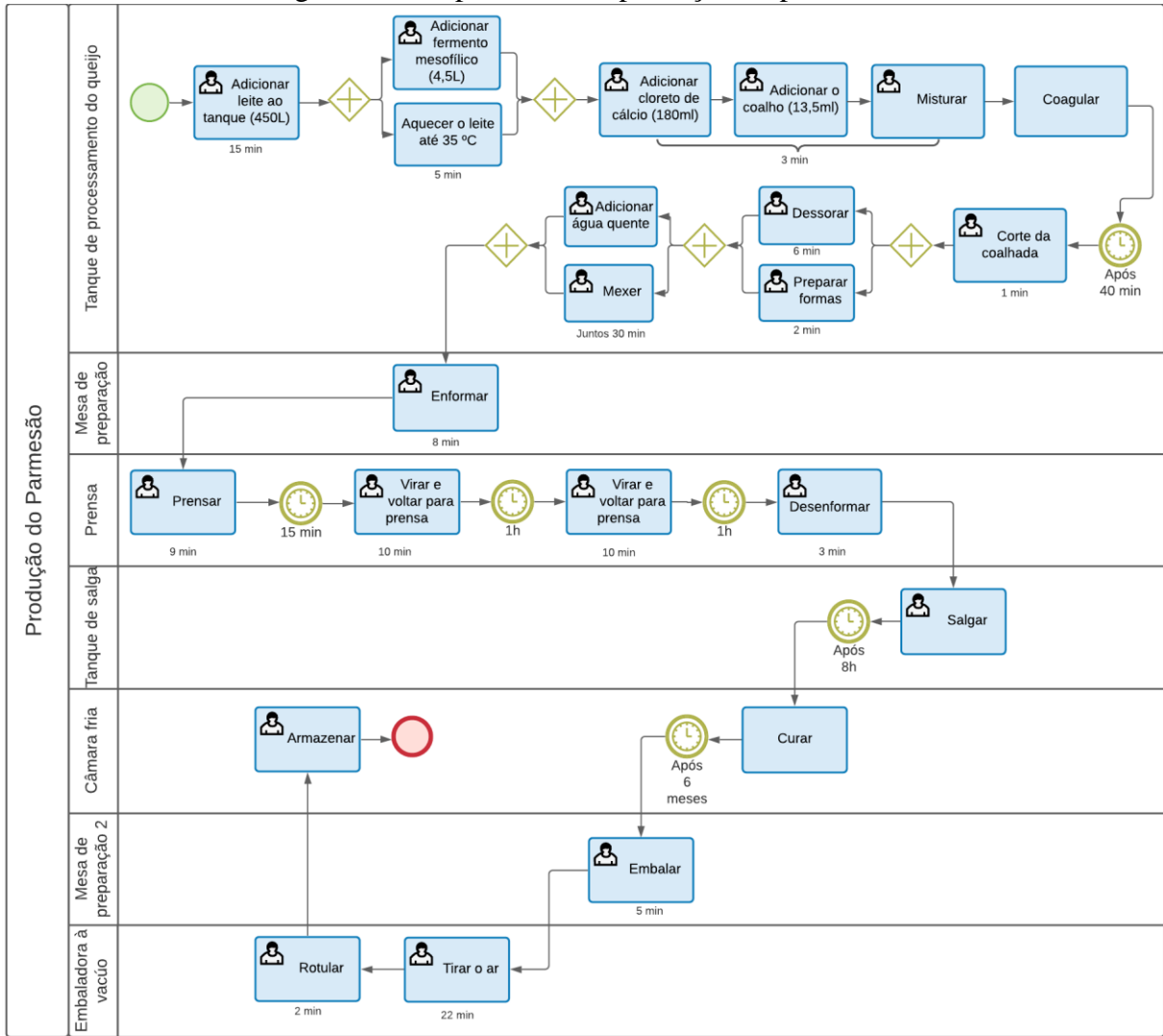
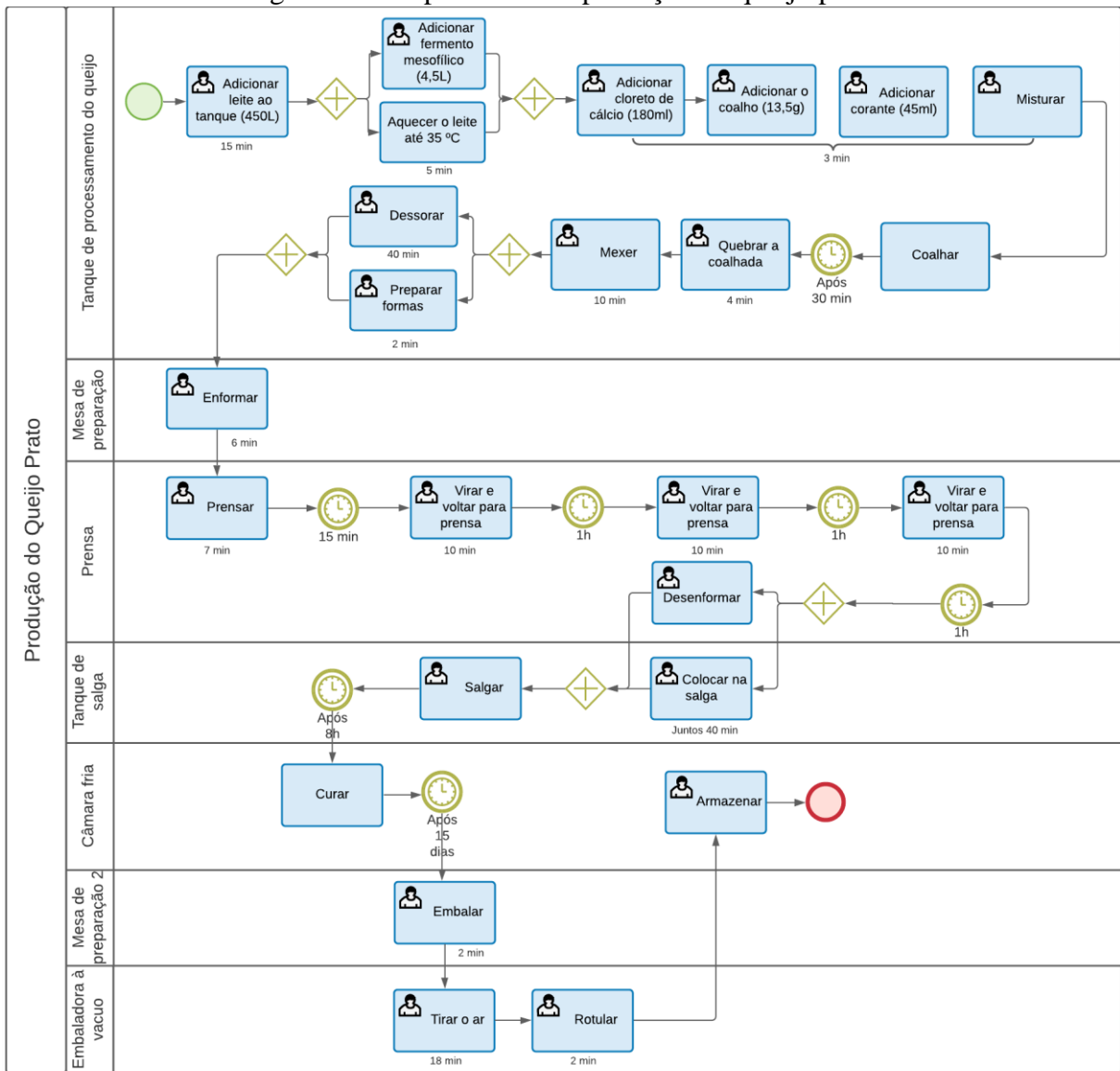


Figura 17 - Mapeamento da produção do queijo prato



3.3 Desenvolvimento do modelo

De acordo com a metodologia utilizada por Oliveira (2020), a modelagem segue três fases: concepção, implementação e análise. Na concepção é planejado e definido claramente o objetivo do modelo, incluindo as entradas, saídas esperadas, conteúdo e suposições. A fase da implementação envolve a construção, verificação e validação. E por último, na fase de análise são verificados os resultados indicados a fim de compreender a situação real, encontrar soluções e tomar decisões. Dessa forma, seguindo tal metodologia, na primeira etapa foi feita a formulação e análise do problema, planejamento do projeto e coleta de macroinformações.

Com o objetivo de compreender em que estado se encontra o problema e aprofundar os conhecimentos sobre o assunto, além de estabelecer hipóteses teóricas e determinar o plano

geral da pesquisa, foi feita uma pesquisa bibliográfica, que conceitualmente é definida por Marconi e Lakatos (2003) como toda bibliografia publicada em relação à temática abordada. Também foi realizada a pesquisa documental com os arquivos que remetem ao histórico produtivo do Laboratório de Processamento de Leite, que é registrado manualmente em caderno, e as receitas do Posto de Vendas Sabores do IFMG geradas com a venda dos produtos lácteos. Foram utilizados dados do ano de 2019, visto que 2020 foi um ano atípico, devido à pandemia de Covid-19. Conforme citado por Martins e Theóphilo (2009), na pesquisa documental são utilizadas fontes primárias, devido à compilação dos materiais ser realizada pelo próprio pesquisador e ainda não ter sido feita uma análise dos dados, podendo até ser reelaborado se preciso.

Para ter mais conhecimento sobre a situação do laboratório foi aplicado um questionário eletrônico (Apêndice A) em que desejava-se conhecer o perfil dos consumidores dos produtos lácteos Sabores do IFMG, bem como suas preferências, percepções e perfil de compra. Houve a participação de 220 consumidores, dentre eles: alunos, servidores e comunidade externa. Ambas as técnicas nortearam para o conhecimento da situação atual a respeito dos processos produtivos, margem de contribuição, mix de produção praticado e as restrições existentes.

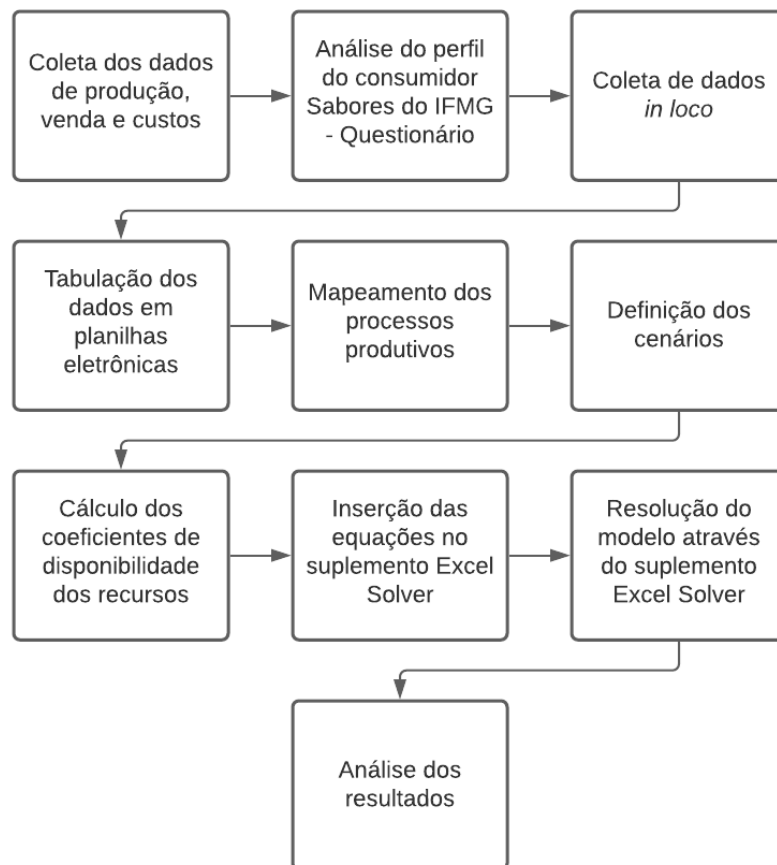
Ademais, para o conhecimento do problema, foi realizada a exploração de todo o ambiente a ser estudado e seus procedimentos, por meio da observação direta intensiva, que segundo Marconi e Lakatos (2003) é constituída por duas técnicas: observação e entrevista. A primeira auxilia no aprofundamento do conhecimento das etapas do processo produtivo do laboratório estudado. Já a segunda é uma conversa informal direcionada, com o objetivo de obter informações relevantes sobre o objeto de estudo e foi realizada com o encarregado pelo setor, buscando-se, principalmente, compreender detalhadamente sobre as formas de gerenciamento e produção, e as dificuldades enfrentadas.

Para melhor visualização do processo produtivo, o fluxo de trabalho de cada produto foi mapeado via BPMN, permitindo a análise das operações e os possíveis impactos diante da tomada de decisões. Além disso, o mapeamento auxilia na revisão constante dos processos, facilitando sua aprimoração (REBELO *et al.*, 2020).

Na etapa de implementação do modelo, seguiu-se a metodologia proposta por Meneghini *et al.* (2016). Inicialmente, foi traçado um esboço do modelo, com a definição dos cenários, baseado em programação linear, com o objetivo de maximizar a margem de contribuição do LPL. Dados como matéria-prima, mão de obra, custos, produção e demanda foram calculados e organizados em planilhas do programa computacional Microsoft Excel 2007, para posterior criação das equações da função objetivo e restrições no Excel Solver®.

Para a resolução do modelo, semelhante à metodologia de Barella *et al.* (2020), recorreu-se ao suplemento Excel Solver®, baseado no método simplex, que utiliza-se da álgebra linear com o objetivo de alcançar uma solução cada vez melhor a cada iteração, finalizando quando a solução ótima é encontrada (ARENALES, 2011). Para que o Excel Solver® encontrasse o mix de produto ótimo, de acordo com as especificidades do LPL, foram estabelecidas as equações que determinassem a função objetivo e as restrições. Após a resolução de cada cenário, realizou-se análises, comparações e discussões. Resumidamente, a Figura 18 demonstra as etapas adotadas na metodologia de aplicação da programação linear para definição do mix de produção ótimo.

Figura 18 - Fluxograma para definição do mix de produção



3.3.1 Coleta de dados

Inicialmente, para construção do modelo conceitual, determinou-se a margem de contribuição de cada produto, que é a representação do quanto a produção e venda de determinado produto gera de recursos para amortizar o custo e obter lucro (LAURETH *et al.*, 2018).

Para esse cálculo, foram utilizados os dados retirados do relatório de vendas mensal, fornecido pelo setor de comercialização, e que contempla informações como: quantidade vendida, valor total gerado com as vendas de cada produto e total geral resultado das vendas de todos os produtos. Também foi necessário verificar os registros da produção, que são anotados em caderno pelo gestor do LPL, e que consta o recebimento diário do leite, quantidade de leite destinada a cada finalidade e o rendimento da produção. E por último, também foi consultado o Planejamento do Centro de Custo do laboratório, a fim de obter o preço de aquisição de cada material necessário para a fabricação dos produtos em estudo.

Para calcular a margem de contribuição, que é composta pelo valor de venda descontando-se todos os gastos variáveis de cada produto, ou seja, o valor bruto menos as despesas com custos de energia elétrica destinada à produção, embalagens, matéria-prima e mão de obra (DAL MAGRO *et al.*, 2016), primeiramente, foi verificado o preço de venda. Em 2019, houve ajustes dos preços, por isso, foi preciso estimar o preço médio ponderado (Equação 2). O cálculo foi feito a partir do somatório das multiplicações entre preços de venda e o peso, aqui representado pelo número de meses que o preço ficou vigente, divididos pelo somatório do número de meses.

$$\text{Preço médio ponderado} = \frac{\sum PV_i N}{\sum N} \quad (2)$$

Em que:

P : preço de venda (R\$); e

N : número de meses que o preço esteve vigente (meses).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

Paralelamente, com o intuito de verificar a compatibilidade dos preços dos produtos lácteos Sabores do IFMG, realizou-se um levantamento dos preços de outras marcas, no comércio local (Apêndice B). Com base nos itens produzidos na instituição, selecionaram-se três estabelecimentos na cidade, e coletaram-se as informações quanto à disponibilidade do produto e preço da concorrência.

Depois de calculado todos os preços de venda médio ponderado dos produtos lácteos Sabores do IFMG, calcularam-se os custos. Com relação aos custos fixos podemos citar os gastos com aluguel, depreciações, salários, encargos sociais, manutenções e impostos, e quanto aos custos variáveis, os gastos com os materiais utilizados na produção, energia elétrica e água.

Entretanto, diante da especificidade do objeto de estudo, ou seja, Instituição Federal de Ensino, algumas particularidades foram adotadas para o cálculo do custo. Para o custo fixo,

desconsideram-se os gastos com aluguel, depreciações e impostos, uma vez que, em se tratando de um laboratório de ensino, independentemente da comercialização dos produtos remanescente, tais custos seriam atribuídos à instituição. O custo com água também não foi contabilizado, uma vez que o *campus* possui poço artesiano. Foi levado em consideração somente o gasto com energia elétrica da bomba hidráulica utilizada para o fornecimento de água. Sendo assim, diante das peculiaridades, estabeleceram-se como custos fixos, os gastos com funcionário (*F*), manutenção dos equipamentos (*MN*), energia elétrica (*ENE*) e material de expediente (*ME*) (Equação 3).

$$CFT = F + MN + ENE_f + ME \quad (3)$$

Em que:

CFT: custo fixo total (R\$ mês⁻¹);

F: gasto fixo com funcionário (R\$ mês⁻¹);

MN: manutenção de equipamentos (R\$ mês⁻¹);

ENE_f: energia elétrica (R\$ mês⁻¹); e

ME: material de expediente (R\$ mês⁻¹).

Para o cálculo dos valores gastos com os custos fixos, quanto ao parâmetro manutenção de equipamentos realizou-se o levantamento do histórico dos custos junto aos gestores da instituição. Também foram calculados os custos com materiais de expediente, levando-se em consideração os itens, quantidades e preços constantes no Planejamento do Centro de Custo do laboratório. No setor existem três funcionários, que independentemente da produção, existe a necessidade dos mesmos. Quanto à energia elétrica, da mesma forma, mensalmente, existe o custo fixo com este parâmetro (lâmpadas, balança digital, bomba d'água, câmara fria, freezer, centrífuga butirômetro, impressora a laser, computador *desktop* e telefone sem fio). Para o cálculo dos custos fixos de energia elétrica, averiguou-se a potência dos equipamentos, multiplicados pela quantidade de cada item, pelo tempo de utilização mensal e o preço pago pelo quilowatt (kW) (Equação 4).

$$ENE_f = Pt \quad QE \quad Tm \quad PkWh \quad (4)$$

Em que:

ENE_f : estimativa do custo fixo de energia elétrica (R\$ mês⁻¹);

Pt : potência da máquina (kW);

QE : quantidade de cada equipamento (un);

Tm : tempo de uso da máquina (min mês⁻¹); e

$PkWh$: preço do kW por hora (R\$ h⁻¹).

Quanto aos custos variáveis, determinaram-se os gastos com energia elétrica e insumos utilizados na produção. Para o gasto unitário de energia elétrica de cada produto foi consultada a potência das máquinas utilizadas e averiguado com o responsável pelo laboratório, o tempo médio de utilização de cada máquina para o processamento de cada produto. Além da averiguação com o responsável, os tempos gastos na produção, foram validados no período de 19 a 30 de abril de 2021, com visita *in loco* e cronometrados os respectivos tempos de produção. Posteriormente, foi multiplicada a potência, pelo tempo de funcionamento da máquina e pelo preço pago pelo quilowatt (kW) por minuto e dividiu-se pelo rendimento da produção (Equação 5).

$$ENE_v = \frac{Pt Tm PkWh}{R} \quad (5)$$

Em que:

ENE_v : Estimativa do custo variável com energia elétrica (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹);

Pt : potência da máquina (kW);

Tm : tempo de uso da máquina (min);

$PkWh$: preço do kW por minuto (R\$ min⁻¹); e

R : rendimento da produção (kg ou L).

Os gastos com matéria-prima e embalagens (Equação 6) foram calculados de acordo com o que é utilizado na fabricação de cada produto, e assim, foi multiplicado pelo preço de aquisição unitário desses materiais, contido no Planejamento do Centro de Custo do laboratório, e por fim, dividiu-se pelo rendimento da produção.

$$MA = \sum \frac{Qm PA}{R} \quad (6)$$

Em que:

MA: custo com matéria-prima e embalagens (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹);

Qm: quantidade de materiais para uma produção (kg ou L);

PA: preço de aquisição dos materiais (R\$); e

R: rendimento da produção.

O custo variável total (CVT) foi calculado com base na Equação 7.

$$CVT = ENE_v + MA \quad (7)$$

Em que:

CVT: custo variável total (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹);

ENE_v: estimativa do custo variável com energia elétrica (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹); e

MA: custo com matéria-prima e embalagens (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹).

Dessa maneira, com os preços médios ponderados de venda e os custos, foram calculadas as margens de contribuição de cada produto (Equação 8).

$$MC = P_i - CV_i \quad (8)$$

Em que:

MC: margem de contribuição (R\$);

P: preço de venda do produto *i* (R\$); e

CV: custo variável direto do produto *i* (R\$).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

O índice de margem de contribuição (Equação 9), que segundo Soares e Bauer (2020) é o resultado da divisão da margem de contribuição unitária pelo preço de venda, ou a divisão da margem de contribuição total pela receita total.

$$IMC = \frac{MC}{P} 100 \quad (9)$$

Em que:

IMC: índice de margem de contribuição (%);

MC: margem de contribuição (R\$); e

P : preço de venda (R\$).

Determinou-se também o ponto de equilíbrio contábil, conforme citado por Alves *et al.* (2020) (Equação 10).

$$PEC = \frac{CFT}{IMC} \quad (10)$$

Em que:

PEC : ponto de equilíbrio contábil (R\$ mês⁻¹);

CFT : custo fixo total (R\$ mês⁻¹); e

IMC : índice de margem de contribuição (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹).

Logo, calculou-se a margem de segurança (Equação 11).

$$MS = RTM - PEC \quad (11)$$

Em que:

MS : margem de segurança (R\$ mês⁻¹);

RTM : receita total mensal (R\$ mês⁻¹); e

PEC : ponto de equilíbrio contábil (R\$ mês⁻¹);

Calculou-se também o lucro obtido (Equação 12).

$$LC = MCT - CFT \quad (12)$$

Em que:

LC : Lucro (R\$);

MCT : margem de contribuição total (R\$); e

CFT : custo fixo total (R\$).

Após a obtenção dos valores dos parâmetros administrativos, foram elaboradas as equações para constituição do modelo matemático que representasse as características do objeto de estudo, seguindo as premissas da programação linear. Primeiramente, foi definida a função

linear que caracteriza o objetivo de maximizar a margem de contribuição do laboratório, chamada de função objetivo. Em seguida, foram definidas as variáveis de decisão, e por último, as restrições, que representam limitações aos valores das variáveis de decisão.

3.3.2 Função objetivo

Em todos os cenários trabalhados, como função objetivo (Equação 13) foi definida a maximização da margem de contribuição total (MCT) obtida com a produção, metodologia semelhantemente foi empregada por Meneghini *et al.* (2016). Para isso, foram utilizados os somatórios das margens de contribuição multiplicadas pela quantidade a ser produzida de cada item. Para solucionar essa função utilizou-se a programação linear, mais especificamente o método simplex, que utiliza álgebra linear com o objetivo de alcançar uma solução cada vez melhor a cada iteração, finalizando quando a solução ótima é encontrada.

$$\text{Max } MCT = \sum_{i=1}^n MC_i Q_i \quad (13)$$

Em que:

Max: função de maximizar;

MCT: margem de contribuição total (R\$);

MC: margem de contribuição (R\$) do produto *i*; e

Q: quantidade de produto *i* fabricado (kg ou L).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

3.3.3 Variáveis de decisão

Como o objetivo é maximizar o lucro dos produtos lácteos Sabores do IFMG, as variáveis de decisão foram as quantidades que devem ser fabricadas de cada produto: doce de leite (Q_1), iogurte (Q_2), leite tipo C (Q_3), manteiga (Q_4) e queijos do tipo minas frescal (Q_5), minas padrão (Q_6), muçarela (Q_7), parmesão (Q_8), prato (Q_9), provolone (Q_{10}), requeijão (Q_{11}), e a ricota (Q_{12}).

O LPL fabrica outros itens, porém, estes foram desconsiderados, por não fazerem parte do portfólio padrão, ou seja, não são fabricados com a mesma frequência que os demais produtos selecionados como variáveis de decisão.

3.3.4 Restrições

Corroborando com Escobet *et al.* (2019), as restrições facilitam a adaptação dos objetivos de otimização, considerando as situações reais. Em todos os cenários, estabeleceu-se as restrições quanto ao processo produtivo (mão de obra) e restrição de matéria-prima (recebimento de leite e soro do leite).

A restrição de processo foi representada pelo tempo máximo disponível de mão de obra mensal (Equação 14), em relação a cada etapa do processo produtivo. Para tanto, com relação ao parâmetro tempo gasto em cada etapa do processo para a produção dos diferentes produtos, foi verificado com os colaboradores quais os tempos estimados em um processo produtivo total. Posteriormente, houve a coleta de dados *in loco*, cronometrando-se o tempo de operação e processamento dos diferentes produtos. A coleta ocorreu entre o período de 19 a 30 de abril de 2021. O tempo obtido na coleta de dados foi referente ao processamento por batelada. Após, dividiu-se pelo rendimento, obtendo assim, o tempo de mão de obra para a produção de cada unidade (L ou kg). Foram considerados dois operadores com uma carga horária semanal de 44 horas e mais um operador com carga horária semanal de 40 horas, que somados totalizam 128 horas semanais, que transformados para minutos resultou em 7.680 min semanais ou 30.720 min mensais.

$$\sum_{i=1}^n Q_i T_i \leq 30720 \quad (14)$$

Em que:

T : tempo de mão de obra necessária para fabricação de cada produto (min).

Q : quantidade de produto i fabricado (kg ou L).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

Para a restrição de matéria-prima (Equação 15) foi somada a quantidade de leite necessária para fabricação de cada produto e multiplicado pela quantidade produzida, que deve ser inferior à média mensal de disponibilidade do leite. Como a matéria-prima, proveniente do Setor de Bovinocultura do IFMG – *Campus* Bambuí, é limitada, foi verificado o recebimento médio diário de leite e multiplicado por 30 (dias do mês) para obter o valor mensal, pois a ordenha do leite também é feita aos finais de semana, ficando armazenado até ser entregue no próximo dia útil. Dessa forma, foi determinado o valor de 17.432 L como restrição máxima de quantidade disponível de matéria-prima.

$$\sum_{i=1}^n Q_i LE \leq 17432 \quad (15)$$

Em que:

LE : necessidade de leite cru para fabricar uma unidade de cada produto (L);

Q : quantidade de produto i fabricado (kg ou L).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

Outra restrição de matéria-prima trata-se do soro do leite, utilizado na fabricação da ricota. Essa restrição é necessária, pois a produção da ricota deve estar atrelada à produção do queijo muçarela, uma vez que se utiliza o subproduto (soro do leite) extraído na fabricação desse tipo de queijo. De acordo com o histórico de produção e com o responsável pelo setor, para cada quilo (kg) de muçarela fabricado é possível produzir aproximadamente 0,23 kg de ricota. Sendo assim, independentemente do cenário, deve-se aplicar a restrição imposta pela Equação 16.

$$Q_{12} \leq 0,23 Q_7 \quad (16)$$

Em que:

Q_{12} : quantidade produzida de ricota (kg); e

Q_7 : quantidade produzida de muçarela (kg).

A restrição de venda mínima mensal (Equação 17) determinou a quantidade mínima de cada produto necessária para atender a demanda mínima mensal do mercado. Esses valores foram obtidos através do Relatório de Vendas 2019, onde são apresentadas as quantidades mínimas vendidas mensalmente (L ou kg) de cada produto. Com isso, verificou-se quais foram as quantidades mínimas de cada item.

$$Q_i \geq Vi_{min} \quad (17)$$

Em que:

Q_i : quantidade mínima do produto i fabricado (kg ou L) e

Vi_{min} : venda mínima do produto i (kg ou L).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

Quanto à restrição de quantidade máxima, também foram obtidas através do Relatório de Vendas 2019, onde foram observadas as quantidades mensais máximas vendidas (L ou kg)

de cada produto. No cenário 3, em que a restrição imposta foi a demanda mínima e máxima, utilizou-se a restrição estabelecida na Equação 18.

$$V_{i_{min}} \leq Q_i \leq V_{i_{máx}} \quad (18)$$

Em que:

Q_i : quantidade do produto i fabricado (kg ou L);

$V_{i_{min}}$: venda mínima do produto i (kg ou L); e

$V_{i_{máx}}$: venda máxima do produto i (kg ou L).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

Logo, nos cenários 4, 5 e 6, acrescentou-se a restrição imposta na Equação 19, 20 e 21 respectivamente.

$$V_{i_{min}} \leq Q_i \leq 1,10 V_{i_{máx}} \quad (19)$$

$$V_{i_{min}} \leq Q_i \leq 1,20 V_{i_{máx}} \quad (20)$$

$$V_{i_{min}} \leq Q_i \leq 1,30 V_{i_{máx}} \quad (21)$$

Em que:

Q_i : quantidade do produto i fabricado (kg ou L); e

$V_{i_{min}}$: venda mínima (kg ou L); e

$V_{i_{máx}}$: venda máxima (kg ou L).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

Além dessas restrições, foi observada a não negatividade, ou seja, as quantidades produzidas devem ser maiores ou iguais a zero (Equação 22).

$$Q_i \geq 0 \quad (22)$$

Em que:

Q_i : quantidade de produto fabricado (kg ou L).

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 12)$$

3.3.5 Cenários

Com base nos dados obtidos preliminarmente, prosseguiram-se as análises. Inicialmente, calcularam-se os parâmetros do cenário atual, a fim de utilizá-lo como base comparativa, e realizaram-se mais seis simulações com alterações nas restrições adotadas (Quadro 2).

Quadro 2 - Restrições nos diferentes cenários simulados

Cenários	Restrições
Atual	--
Cenário 1	Restrição de tempo (mão de obra) e matéria-prima disponível (Leite).
Cenário 2	Restrição de tempo (mão de obra); matéria-prima disponível (Leite); e demanda mínima.
Cenário 3	Restrição de tempo (mão de obra); matéria-prima disponível (Leite); demanda mínima e máxima.
Cenário 4	Restrição de tempo (mão de obra); matéria-prima disponível (Leite); demanda mínima e máxima com acréscimo de 10% na produção máxima.
Cenário 5	Restrição de tempo (mão de obra); matéria-prima disponível (Leite); demanda mínima e máxima com acréscimo de 20% na produção máxima.
Cenário 6	Restrição de tempo (mão de obra); matéria-prima disponível (Leite); demanda mínima e máxima com acréscimo de 30% na produção máxima.

Ao estudar o cenário 1 buscou-se verificar a maior margem de contribuição possível, quais produtos e a quantidade a ser produzida. Foram utilizados dados reais como o preço de venda ponderado de 2019 e os custos, bem como as limitações inerentes ao processo de produção.

Visando suprir a demanda de todos os produtos, foi criado o cenário 2 com a inclusão da restrição de demanda mínima mensal de cada produto. E no cenário 3, a fim de evitar a dificuldade de escoamento da produção, foi adicionada a restrição de demanda máxima mensal de cada produto.

Ao verificar a possibilidade de aumento da produção, buscou-se estudar acréscimos de 10, 20 e 30% em relação à demanda máxima, respectivamente, nos cenários 4, 5 e 6.

3.4 Teoria das Restrições

Para a aplicação da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* – TOC), foi feito o estudo do referencial teórico e visita *in loco* para observação da produção, entre os dias 19 e 30 de abril de 2021. Durante a visita foi realizada cronometragem de tempos e entrevista com os funcionários, no intuito de detectar o recurso limitante da produção. Entretanto, constatou-se algumas peculiaridades na fabricação que dificultaram a identificação do recurso gargalo.

Apesar de haver um documento que descreva o Procedimento Operacional Padrão (POP) a ser seguido para o processamento dos produtos lácteos Sabores do IFMG, pode ocorrer variações no processo produtivo. Os procedimentos e tempos de produção, de descanso do coalho, de prensagem ou de maturação podem sofrer alterações. Um dos motivos pode ser atribuído à quantidade e aos funcionários que estão em atuação. A alocação dos funcionários pode ser rotativa e adequa-se de acordo com as necessidades dos setores da instituição. Ou seja, quando há uma maior demanda por mão de obra no laticínio, pode-se remanejar funcionários de outros setores.

Outro empecilho para a coleta de dados foi o período de pandemia da Covid-19, que resultou em alterações no padrão de vendas dos produtos lácteos, em relação ao ano de 2019. Como não há aulas presenciais, os alunos e docentes, que antes aproveitavam a facilidade de já estarem no *campus*, deixaram de ser consumidores frequentes. Durante visita *in loco*, o responsável pelo posto de vendas confirmou que o perfil dos consumidores mudou. Atualmente, a maioria dos compradores fazem parte da comunidade externa ao *campus*.

Também houve modificações no padrão do estoque de produtos acabados, que agora se mantém abastecido, o que antes não ocorria. Isto pode estar atrelado ao aumento de um funcionário no laboratório, à alteração no padrão de vendas ou ambos. É incerto estudar o cenário atual, pois quando houver o retorno das atividades do *campus*, poderá haver novas mudanças nos padrões de fabricação e vendas.

Durante o período de observação, notou-se que, eventualmente, alguns maquinários ficam ociosos e o responsável pelo setor informou que não utiliza a capacidade máxima das máquinas, descartando a possibilidade de haver restrição de equipamentos. O mesmo fato ocorre com a mão de obra. No período da manhã, concentram-se grande parte da produção e no período da tarde, os funcionários dedicam-se para a limpeza do local e equipamentos, bem como finalização de alguns processos/produtos, e não há início de uma nova fabricação, o que pode acarretar ociosidade.

Por fim, chegou-se à conclusão da inviabilidade de identificação do recurso limitante para que pudesse calcular o maior ganho no recurso gargalo para confrontar com o mix ótimo de produção, indicado pela programação linear.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com o levantamento inicial realizado quanto ao perfil dos consumidores dos produtos lácteos da marca Sabores do IFMG, bem como suas preferências, percepções e perfil de compra, houve a participação de 220 consumidores, dentre eles: alunos, servidores e comunidade externa. Observou-se que 89,5% dos entrevistados possuem relação com a instituição (funcionários e alunos) e apenas 10,5% são consumidores sem vínculo. Em síntese, de acordo com os entrevistados, constatou-se que habitualmente, os três produtos mais adquiridos são o Iogurte de morango, doce de leite cremoso e manteiga. Os três produtos menos requisitados são o leite desnatado, ricota temperada e ricota. Quanto à qualidade, 74,1% dos clientes relatam plena satisfação. Em relação aos preços, 70% classificaram-se entre satisfeitos (29,5%) e plenamente satisfeitos (40,5%). Em relação à disponibilidade dos produtos, 60% classificaram-se entre satisfeitos (31,8%) e plenamente satisfeitos (28,2%). Ainda, 58,18% relataram a indisponibilidade de alguns produtos.

Na determinação dos parâmetros administrativos, constatou-se que o custo fixo mensal com mão de obra, energia elétrica, manutenção de equipamentos e materiais de expediente foi de R\$ 14.479,77 (Tabela 1) (Apêndice C).

Tabela 1 - Custos fixos

Parâmetros	Valor (R\$ mês ⁻¹)
Mão de obra	R\$ 11.831,63
Material de expediente e consumo	R\$ 683,89
Energia elétrica estrutural	R\$ 364,26
Manutenção	R\$ 1.600,00
TOTAL	R\$ 14.479,77

Quanto aos custos variáveis, referentes à energia elétrica (Apêndice D) e matéria-prima e embalagem (Apêndice E) variou para cada produto (Tabela 2).

Tabela 2 - Custos variáveis dos diferentes produtos

Produtos (kg ou L)	Energia elétrica (R\$ kW min ⁻¹)	Matéria-prima e embalagem (R\$ kg ⁻¹ ou R\$ L ⁻¹)	Custo variável total (R\$ kg ⁻¹ ou R\$ L ⁻¹)
Doce de leite (Q_1)	R\$ 0,0437	R\$ 4,38	R\$ 4,42
Iogurte (Q_2)	R\$ 0,0039	R\$ 3,37	R\$ 3,37
Leite tipo C (Q_3)	R\$ 0,0009	R\$ 1,30	R\$ 1,30
Manteiga (Q_4)	R\$ 0,0012	R\$ 10,99	R\$ 10,99
Minas Frescal (Q_5)	R\$ 0,0096	R\$ 11,63	R\$ 11,64
Minas Padrão (Q_6)	R\$ 0,0107	R\$ 12,91	R\$ 12,92
Muçarela (Q_7)	R\$ 0,0108	R\$ 12,91	R\$ 12,92
Parmesão (Q_8)	R\$ 0,0107	R\$ 12,91	R\$ 12,92
Prato (Q_9)	R\$ 0,0107	R\$ 12,92	R\$ 12,93
Provolone (Q_{10})	R\$ 0,0107	R\$ 12,91	R\$ 12,92
Requeijão (Q_{11})	R\$ 0,0061	R\$ 12,61	R\$ 12,61
Ricota (Q_{12})	R\$ 0,0068	R\$ 3,23	R\$ 3,24

De posse dos valores do preço de venda e custo variável, determinou-se a margem e o índice da margem de contribuição para os diferentes produtos (Tabela 3).

Tabela 3 - Margem de contribuição e índice da margem de contribuição dos diferentes produtos.

Produtos	Preço de venda médio ponderado (R\$ kg ⁻¹ ou R\$ L ⁻¹)	Custos variáveis (R\$ kg ⁻¹ ou R\$ L ⁻¹)	Margem de contribuição (R\$ kg ⁻¹ ou R\$ L ⁻¹)	Índice da Margem de contribuição (%)
Doce de leite (Q_1)	R\$ 12,42	R\$ 4,42	R\$ 8,00	64,42
Iogurte (Q_2)	R\$ 5,67	R\$ 3,37	R\$ 2,30	40,54
Leite tipo C (Q_3)	R\$ 2,25	R\$ 1,30	R\$ 0,95	42,03
Manteiga (Q_4)	R\$ 22,08	R\$ 10,99	R\$ 11,09	50,21
Minas Frescal (Q_5)	R\$ 20,19	R\$ 11,64	R\$ 8,55	42,36
Minas Padrão (Q_6)	R\$ 21,22	R\$ 12,92	R\$ 8,30	39,12
Muçarela (Q_7)	R\$ 20,36	R\$ 12,92	R\$ 7,44	36,54
Parmesão (Q_8)	R\$ 28,83	R\$ 12,92	R\$ 15,91	55,19
Prato (Q_9)	R\$ 21,15	R\$ 12,93	R\$ 8,22	38,86
Provolone (Q_{10})	R\$ 26,33	R\$ 12,92	R\$ 13,41	50,93
Requeijão (Q_{11})	R\$ 21,67	R\$ 12,61	R\$ 9,06	41,79
Ricota (Q_{12})	R\$ 11,21	R\$ 3,24	R\$ 7,97	71,10

A partir dos relatórios mensais de venda de 2019, calculou-se a margem de contribuição média mensal para cada produto. Inicialmente, determinou-se a quantidade média de venda mensal de cada produto, os valores foram multiplicados pelas respectivas margens de contribuição, determinando a margem de contribuição média mensal (Tabela 4).

Tabela 4 - Venda média mensal, margem de contribuição e margem de contribuição média mensal por produto

Produtos	Venda média mensal (kg ou L)	Margem de contribuição (R\$ kg ⁻¹ ou R\$ L ⁻¹)	Margem de contribuição média mensal por produto (R\$)
Doce de leite (Q_1)	192,39	R\$ 8,00	R\$ 1.539,36
Iogurte (Q_2)	886,33	R\$ 2,30	R\$ 2.037,18
Leite tipo C (Q_3)	2454,42	R\$ 0,95	R\$ 2.321,28
Manteiga (Q_4)	48,35	R\$ 11,09	R\$ 536,09
Minas Frescal (Q_5)	166,27	R\$ 8,55	R\$ 1.422,15
Minas Padrão (Q_6)	54,05	R\$ 8,30	R\$ 448,70
Muçarela (Q_7)	92,55	R\$ 7,44	R\$ 688,49
Parmesão (Q_8)	6,06	R\$ 15,91	R\$ 96,35
Prato (Q_9)	23,77	R\$ 8,22	R\$ 195,34
Provolone (Q_{10})	16,99	R\$ 13,41	R\$ 227,84
Requeijão (Q_{11})	75,96	R\$ 9,06	R\$ 687,88
Ricota (Q_{12})	35,65	R\$ 7,97	R\$ 284,17
Margem de contribuição média mensal total			R\$ 10.484,82

Os valores obtidos, principalmente quanto à Margem de Contribuição (MC), auxiliam na contabilidade gerencial. Embora trata-se de uma Instituição de Ensino, a produção também gera receitas próprias para o *campus*. Constantemente, surgem indagações pelos gestores como “É viável economicamente produzir para comercializar?” ou “Qual o lucro obtido no processamento e venda dos produtos lácteos?” ou “Quais produtos possuem maior rentabilidade?”. Os parâmetros econômicos calculados, podem auxiliar a instituição em estratégias de gerenciamento e produção, de modo a se manterem no mercado. Magalhães, Silva e Caetano (2017) relatam que diante de um cenário de mudanças contínuas e rápidas cada vez mais deve-se analisar a questão do custo de produção, tais autores, estudaram o custo de produção em um laticínio e constataram que a atividade de processamento do leite apontou prejuízo na ordem de até 26% do faturamento, demonstrando mais uma vez a importância de se conhecerem os parâmetros gerenciais. Corroborando com Laureth *et al.* (2018) em que

relatam que a otimização dos resultados de uma instituição depende de um sistema de gestão de custos tecnicamente bem estruturado.

4.1 Restrições calculadas

Com base nos dados obtidos historicamente, constataram-se as restrições de venda mínima e máxima mensais, e leite requerido para a produção de cada produto. Observou-se ainda os limites totais mensais de mão de obra de 30720 min e de leite 17432 L, conforme Tabela 5. Outra restrição determinada com base no histórico foi com relação à produção de ricota, atrelada a 23% da produção da muçarela.

Tabela 5 – Restrições

Produtos	Venda mín mensal (kg ou L)	Venda máx mensal (kg ou L)	Mão de obra unitária (min)	Leite unitário (L)
Doce de leite (Q_1)	142,59	247,77	2,46	3,00
Iogurte (Q_2)	664,00	1082,00	0,39	1,00
Leite tipo C (Q_3)	2027,00	2744,00	0,06	1,00
Manteiga (Q_4)	17,64	99,30	0,49	23,44
Minas Frescal (Q_5)	148,01	190,36	2,32	9,00
Minas Padrão (Q_6)	28,56	84,18	2,80	10,00
Muçarela (Q_7)	79,92	113,46	3,16	10,00
Parmesão (Q_8)	2,26	11,22	2,91	10,00
Prato (Q_9)	8,52	35,90	3,40	10,00
Provolone (Q_{10})	4,08	31,78	2,76	10,00
Requeijão (Q_{11})	39,33	98,90	3,70	10,00
Ricota (Q_{12})	18,44	79,74	2,61	1,74
LIMITES			30720	17432

Um modelo inicia-se de forma mais básica, com a verificação de seu comportamento, após a resolução, é possível analisar e agregar informações ao modelo, tornando-o mais completo e abrangente. De acordo com a intenção deste estudo, realizaram-se simulações para delinear estratégias para que o Laboratório de Processamento de Leite obtenha maior margem de contribuição. Por isso, o modelo foi submetido a diferentes cenários elaborados com alterações nas restrições e valores submetidos.

4.2 Cenário atual

Com base nos dados obtidos, constatou-se que de acordo com a venda média mensal de cada produto, a margem de contribuição média mensal foi de R\$ 10.484,82 e prejuízo de -R\$ 3.994,95. No cenário atual, constatou-se ainda a variação do índice de margem de contribuição entre 36,54 e 71,10% (Tabela 6).

Tabela 6 - Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário atual

Cenário Atual							
Produtos	Qnt (L ou kg)	Preço de venda (R\$)	Receita Bruta Total (R\$)	CV (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MC (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MCT por produto (R\$)	IMC (%)
Doce de leite (Q_1)	192,39	R\$ 12,42	R\$ 2.389,46	R\$ 4,42	R\$ 8,00	R\$ 1.539,36	64,42
Iogurte (Q_2)	886,33	R\$ 5,67	R\$ 5.025,51	R\$ 3,37	R\$ 2,30	R\$ 2.037,18	40,54
Leite C (Q_3)	2454,42	R\$ 2,25	R\$ 5.522,44	R\$ 1,30	R\$ 0,95	R\$ 2.321,28	42,03
Manteiga (Q_4)	48,35	R\$ 22,08	R\$ 1.067,67	R\$ 10,99	R\$ 11,09	R\$ 536,09	50,21
M. Frescal (Q_5)	166,27	R\$ 20,19	R\$ 3.356,96	R\$ 11,64	R\$ 8,55	R\$ 1.422,15	42,36
M. Padrão (Q_6)	54,05	R\$ 21,22	R\$ 1.146,89	R\$ 12,92	R\$ 8,30	R\$ 448,70	39,12
Muçarela (Q_7)	92,55	R\$ 20,36	R\$ 1.884,30	R\$ 12,92	R\$ 7,44	R\$ 688,49	36,54
Parmesão (Q_8)	6,06	R\$ 28,83	R\$ 174,57	R\$ 12,92	R\$ 15,91	R\$ 96,35	55,19
Prato (Q_9)	23,77	R\$ 21,15	R\$ 502,65	R\$ 12,93	R\$ 8,22	R\$ 195,34	38,86
Provolone (Q_{10})	16,99	R\$ 26,33	R\$ 447,37	R\$ 12,92	R\$ 13,41	R\$ 227,84	50,93
Requeijão (Q_{11})	75,96	R\$ 21,67	R\$ 1.646,13	R\$ 12,61	R\$ 9,06	R\$ 687,88	41,79
Ricota (Q_{12})	35,65	R\$ 11,21	R\$ 399,66	R\$ 3,24	R\$ 7,97	R\$ 284,17	71,10
Receita bruta total (R\$)						R\$ 23.563,60	
Margem de contribuição total (R\$)						R\$ 10.484,82	
Lucro (R\$)						-R\$ 3.994,95	

No sistema atual de produção e gerenciamento, não há dados administrativos e estratégicos quanto às informações obtidas com esta pesquisa. Nas condições impostas atualmente, há dificuldade de planejamento da produção. Não existem dados primordiais com relação ao Laboratório de Processamento do Leite, como custo de produção, margem de contribuição e Índice da Margem de contribuição dos produtos. A inexistência de tais informações dificulta estratégias para otimizar o sistema de produção, bem como otimizar o lucro.

Embora a instituição seja voltada para o ensino, deve-se constantemente averiguar a viabilidade da produção e comercialização dos produtos, de modo a propor estratégias para autossustentabilidade econômica do setor. Os dados obtidos com a pesquisa são essenciais para propor estratégias de planejamento de produção, políticas de preços de venda e ações de *marketing*. Estes resultados se assemelham com os obtidos por Magalhães, Silva e Caetano

(2017) em que estudaram o custo de produção em um laticínio e constataram que a atividade de processamento do leite apontou prejuízo na ordem de até 26% do faturamento.

Para reduzir os prejuízos do atual cenário, uma alternativa que pode ser implementada rapidamente é realizar um possível ajustes de preços. Na atualidade, com constantes modificações nos custos de matérias primas, deve-se atentar constantemente aos preços de comercialização dos produtos. Em uma pesquisa realizada nos comércios locais (Apêndice B) observou-se que a manteiga e os queijos minas padrão, parmesão, provolone e requeijão estão com preços abaixo da concorrência. Sabe-se que a decisão de compra dos produtos depende de vários quesitos, como: preço, qualidade e marca. Ressalta-se que no questionário eletrônico (Apêndice A) aplicado para conhecimento do padrão de consumo dos clientes, 74,1% dos participantes alegaram plena satisfação quanto à qualidade e 70% estão satisfeitos em relação ao preço dos produtos lácteos Sabores do IFMG. A satisfação do cliente é extremamente importante em um empreendimento, corroborando com Cavalcante, Shimoya e Ribeiro (2017) no qual relatam que clientes que possuem suas expectativas plenamente satisfeitas são menos suscetíveis a troca de produto e/ou serviço. Com isso, entende-se que, caso os preços defasados forem ajustados de acordo com o preço mínimo dos demais concorrentes, ainda assim atenderia a satisfação dos clientes.

4.3 Simulações de cenários

4.3.1 Simulação do Cenário 1

No cenário inicial, verificou-se a maior margem de contribuição possível, quais produtos e a quantidade a ser produzida. Submeteu-se o modelo ao Excel Solver® com os dados reais como o preço de venda ponderado de 2019 e os custos, e também, com as limitações inerentes ao processo de produção, quanto ao limite do recebimento de leite, geração de soro do leite e limite de mão de obra disponível.

A proposta mensal apresentada pelo suplemento Excel Solver® foi de produzir apenas doce de leite cremoso, na quantidade de 5810,70 kg. Isso demandaria 14294 min da mão de obra disponível e 17432,10 L de leite. Com essa produção o lucro mensal obtido seria de R\$ 32.013,53, incrementando-se a margem de contribuição em 343% em relação ao Cenário atual (Tabela 7).

Tabela 7 - Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 1*

Sem restrição de venda mínima mensal							
Produtos	Qnt (L ou kg)	Preço de venda (R\$)	Receita Bruta Total (R\$)	CV (L ou kg)	MC (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MCT por produto (R\$)	IMC (%)
Doce de leite (Q_1)	5810,70	R\$ 12,42	R\$ 72.168,89	R\$ 4,42	R\$ 8,00	R\$ 46.493,30	64,42
Iogurte (Q_2)	0	R\$ 5,67	R\$ 0,00	R\$ 3,37	R\$ 2,30	R\$ 0,00	40,54
Leite C (Q_3)	0	R\$ 2,25	R\$ 0,00	R\$ 1,30	R\$ 0,95	R\$ 0,00	42,03
Manteiga (Q_4)	0	R\$ 22,08	R\$ 0,00	R\$ 10,99	R\$ 11,09	R\$ 0,00	50,21
M. Frescal (Q_5)	0	R\$ 20,19	R\$ 0,00	R\$ 11,64	R\$ 8,55	R\$ 0,00	42,36
M. Padrão (Q_6)	0	R\$ 21,22	R\$ 0,00	R\$ 12,92	R\$ 8,30	R\$ 0,00	39,12
Muçarela (Q_7)	0	R\$ 20,36	R\$ 0,00	R\$ 12,92	R\$ 7,44	R\$ 0,00	36,54
Parmesão (Q_8)	0	R\$ 28,83	R\$ 0,00	R\$ 12,92	R\$ 15,91	R\$ 0,00	55,19
Prato (Q_9)	0	R\$ 21,15	R\$ 0,00	R\$ 12,93	R\$ 8,22	R\$ 0,00	38,86
Provolone (Q_{10})	0	R\$ 26,33	R\$ 0,00	R\$ 12,92	R\$ 13,41	R\$ 0,00	50,93
Requeijão (Q_{11})	0	R\$ 21,67	R\$ 0,00	R\$ 12,61	R\$ 9,06	R\$ 0,00	41,79
Ricota (Q_{12})	0	R\$ 11,21	R\$ 0,00	R\$ 3,24	R\$ 7,97	R\$ 0,00	71,10
Receita bruta total (R\$)						R\$ 72.168,89	
Margem de contribuição total (R\$)						R\$ 46.493,30	
Lucro (R\$)						R\$ 32.013,53	

* Relatório de sensibilidade (Apêndice F)

Diferentemente do cenário atual, o cenário 1 apresentou aumento expressivo tanto na margem de contribuição quanto na geração de lucro. Entretanto, o cenário não é favorável, por não satisfazer a oferta necessária de todos os produtos lácteos da marca Sabores do IFMG e pode dificultar a comercialização da quantidade de doce de leite estipulado na iteração.

A solução indicada ocorreu, devido ao doce de leite apresentar o segundo maior índice de margem de contribuição. Observa-se que a ricota possui uma elevada margem de contribuição, entretanto, trata-se de um subproduto, produzido a partir do soro da fabricação da muçarela. Como na presente simulação não houve indicação da produção de muçarela, logo, a restrição imposta inviabilizou a produção de ricota.

A quantidade de leite disponível foi o limitador para essa solução, pois foi restringido à média mensal de 17.432 L, contudo, há meses que a recepção de leite pode superar essa quantidade, podendo aumentar a produção e conseqüentemente o lucro, que nesse caso não alterará o que será produzido, apenas a quantidade.

Observa-se no cenário 1 a importância do índice de margem de contribuição para a otimização do lucro do setor. Nota-se que o suplemento Excel Solver® indicou aumentar a produção de doce de leite que apresentou um alto índice de margem de contribuição.

O cenário 1 não é realizado na prática, entretanto, é importante sua análise. Como estratégia a instituição pode propor investimentos em *marketing*, em que por meio de estratégias

assertivas, com foco no doce de leite, amplie a demanda pelo referido produto, logo, aumento do lucro. Vieira *et al.* (2017) analisaram o melhor mix de produção, entretanto, em outra área de estudo (empresa de refrigeração) e relatam essa temática, em focar e direcionar a produção/atendimento da empresa cujos resultados são mais positivos.

4.3.2 Simulação do Cenário 2

No cenário 2, adicionaram-se as restrições de venda mínima mensal dos demais produtos para suprir a demanda do mercado, semelhante ao que foi empregado por Godinho e Corso (2019).

Acrescentou-se a restrição de venda mínima mensal e obteve-se a margem de contribuição mensal de R\$ 36.636,77, ou seja, houve incremento de 249% comparado ao cenário atual e um decréscimo de -21,20% se comparado ao cenário 1, entretanto, contrário a este, atende à demanda mínima de venda mensal de todos os produtos. Após satisfazer a restrição de produção mínima, o Excel Solver® estabeleceu o aumento da produção do doce de leite em 2550,20% (Tabela 8).

Tabela 8 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 2*

Com restrição de venda mínima mensal							
Produtos	Qnt (L ou kg)	Preço de venda (R\$)	Receita Bruta Total (R\$)	CV (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MC (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MCT por produto (R\$)	IMC (%)
Doce de leite (Q_1)	3778,92	R\$ 12,42	R\$ 46.934,24	R\$ 4,42	R\$ 8,00	R\$ 30.236,40	64,42
Iogurte (Q_2)	664	R\$ 5,67	R\$ 3.764,88	R\$ 3,37	R\$ 2,30	R\$ 1.526,16	40,54
Leite C (Q_3)	2027	R\$ 2,25	R\$ 4.560,75	R\$ 1,30	R\$ 0,95	R\$ 1.917,05	42,03
Manteiga (Q_4)	17,64	R\$ 22,08	R\$ 389,49	R\$ 10,99	R\$ 11,09	R\$ 195,57	50,21
M. Frescal (Q_5)	148,01	R\$ 20,19	R\$ 2.988,32	R\$ 11,64	R\$ 8,55	R\$ 1.265,98	42,36
M. Padrão (Q_6)	28,56	R\$ 21,22	R\$ 606,04	R\$ 12,92	R\$ 8,30	R\$ 237,10	39,12
Muçarela (Q_7)	79,92	R\$ 20,36	R\$ 1.627,17	R\$ 12,92	R\$ 7,44	R\$ 594,54	36,54
Parmesão (Q_8)	2,26	R\$ 28,83	R\$ 65,16	R\$ 12,92	R\$ 15,91	R\$ 35,96	55,19
Prato (Q_9)	8,52	R\$ 21,15	R\$ 180,20	R\$ 12,93	R\$ 8,22	R\$ 70,03	38,86
Provolone (Q_{10})	4,08	R\$ 26,33	R\$ 107,43	R\$ 12,92	R\$ 13,41	R\$ 54,71	50,93
Requeijão (Q_{11})	39,33	R\$ 21,67	R\$ 852,28	R\$ 12,61	R\$ 9,06	R\$ 356,15	41,79
Ricota (Q_{12})	18,46	R\$ 11,21	R\$ 206,91	R\$ 3,24	R\$ 7,97	R\$ 147,11	71,10
Receita bruta total (R\$)					R\$ 62.282,86		
Margem de contribuição total (R\$)					R\$ 36.636,77		
Lucro (R\$)					R\$ 22.157,00		

* Relatório de sensibilidade (Apêndice F)

Com esse resultado, novamente, ressalta-se a importância da margem de contribuição para averiguar a rentabilidade dos produtos, opiniões semelhantes foram expressas por Silva,

D. *et al.* (2017). Castro, Borget e Souza (2015), também por meio da programação linear, constataram que o uso da ferramenta computacional, pode auxiliar e melhorar o processo produtivo em um laticínio, corroborando com o presente trabalho.

Observou-se que no cenário 2, em que atendeu a demanda mínima dos produtos, o excedente direciona-se para a produção do doce de leite. Esse cenário pode ser uma estratégia gerencial, visando atender a demanda mínima dos produtos e ao mesmo tempo aumentar a lucratividade do setor.

4.3.3 Simulação do cenário 3

Neste cenário, observou-se que a indicação de fabricação de todos os produtos foi limitada pela demanda máxima, exceto a ricota, devido sua produção estar limitada a 23% da produção de muçarela. Diante disso, notou-se que se a produção atender à demanda máxima de cada produto, alcançará uma margem de contribuição total de R\$ 13.340,76 e um prejuízo de -R\$ 1.139,01, conforme Tabela 9. Com isso, haverá um incremento de 27% em relação ao cenário atual.

Tabela 9 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 3*

Com restrição de venda mínima e máxima mensal							
Produtos	Qnt (L ou kg)	Preço de venda (R\$)	Receita Bruta Total (R\$)	CV (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MC (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MCT por produto (R\$)	IMC (%)
Doce de leite (Q_1)	247,77	R\$ 12,42	R\$ 3.077,30	R\$ 4,42	R\$ 8,00	R\$ 1.982,49	64,42
Iogurte (Q_2)	1082,00	R\$ 5,67	R\$ 6.134,94	R\$ 3,37	R\$ 2,30	R\$ 2.486,91	40,54
Leite C (Q_3)	2744,00	R\$ 2,25	R\$ 6.174,00	R\$ 1,30	R\$ 0,95	R\$ 2.595,16	42,03
Manteiga (Q_4)	99,30	R\$ 22,08	R\$ 2.192,54	R\$ 10,99	R\$ 11,09	R\$ 1.100,90	50,21
M. Frescal (Q_5)	190,36	R\$ 20,19	R\$ 3.843,37	R\$ 11,64	R\$ 8,55	R\$ 1.628,22	42,36
M. Padrão (Q_6)	84,18	R\$ 21,22	R\$ 1.786,30	R\$ 12,92	R\$ 8,30	R\$ 698,85	39,12
Muçarela (Q_7)	113,46	R\$ 20,36	R\$ 2.310,05	R\$ 12,92	R\$ 7,44	R\$ 844,05	36,54
Parmesão (Q_8)	11,22	R\$ 28,83	R\$ 323,47	R\$ 12,92	R\$ 15,91	R\$ 178,53	55,19
Prato (Q_9)	35,90	R\$ 21,15	R\$ 759,29	R\$ 12,93	R\$ 8,22	R\$ 295,08	38,86
Provolone (Q_{10})	31,78	R\$ 26,33	R\$ 836,77	R\$ 12,92	R\$ 13,41	R\$ 426,15	50,93
Requeijão (Q_{11})	98,90	R\$ 21,67	R\$ 2.143,16	R\$ 12,61	R\$ 9,06	R\$ 895,58	41,79
Ricota (Q_{12})	26,20	R\$ 11,21	R\$ 293,74	R\$ 3,24	R\$ 7,97	R\$ 208,85	71,10
Receita bruta total (R\$)					R\$ 29.874,93		
Margem de contribuição total (R\$)					R\$ 13.340,76		
Lucro (R\$)					-R\$ 1.139,01		

* Relatório de sensibilidade (Apêndice F)

No sistema atual de produção, o prejuízo mensal é de R\$ 3.994,95. O cenário 3 demonstrou-se que uma alternativa para amenizar o prejuízo é elevar a quantidade de produção e comercialização.

O estudo deste cenário foi imprescindível, pois a partir dele nota-se que mesmo com a demanda máxima atual, ainda apresentou um resultado negativo, deixando evidente que é necessário o desenvolvimento de estratégias de produção, e estratégias para aumentar a captação de clientes, diminuição dos custos e ajustes nos preços.

O cenário 3, estabeleceu como prioridade a demanda máxima dos produtos, ou seja, visou principalmente atender à satisfação do cliente quanto à disponibilidade dos produtos. De acordo com o levantamento prévio, notou-se que os consumidores estão satisfeitos em relação à qualidade e preço, porém muitos clientes relataram indisponibilidade dos produtos. Sendo assim, este cenário poderia ser empregado como estratégia inicial, visando cativar o cliente e aumentar a confiabilidade quanto à disponibilidade dos produtos.

4.3.4 Simulação do cenário 4

De acordo com o questionário “Estudo de Demanda dos produtos lácteos Sabores do IFMG” (Apêndice A), respondido virtualmente por 220 participantes, 58,18% relataram a indisponibilidade de alguns produtos e foram constatadas sugestões como: “aumentar a produção”, “manter sempre todos os produtos disponíveis para venda”, “fabricar mais”, “ter mais estoque”, entre outros. Diante disso, notou-se que, atualmente, a demanda dos produtos é maior do que a oferta. Com a observação do potencial para aumentar a demanda pelos produtos, associados ao prejuízo constatado no cenário atual e cenário 3, elaborou-se o cenário 4, que simulou um aumento na produção em 10% em relação à demanda máxima mensal de cada produto (Tabela 10).

Tabela 10 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 4*

Com restrição de venda mínima e máxima mensal + 10%							
Produtos	Qnt (L ou kg)	Preço de venda (R\$)	Receita Bruta Total (R\$)	CV (R\$ L-1 ou R\$ kg-1)	MC (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MCT por produto (R\$)	IMC (%)
Doce de leite (Q_1)	272,55	R\$ 12,42	R\$ 3.385,03	R\$ 4,42	R\$ 8,00	R\$ 2.180,74	64,42
Iogurte (Q_2)	1190,20	R\$ 5,67	R\$ 6.748,43	R\$ 3,37	R\$ 2,30	R\$ 2.735,60	40,54
Leite C (Q_3)	3018,40	R\$ 2,25	R\$ 6.791,40	R\$ 1,30	R\$ 0,95	R\$ 2.854,68	42,03
Manteiga (Q_4)	109,23	R\$ 22,08	R\$ 2.411,80	R\$ 10,99	R\$ 11,09	R\$ 1.210,99	50,21
M. Frescal (Q_5)	209,40	R\$ 20,19	R\$ 4.227,71	R\$ 11,64	R\$ 8,55	R\$ 1.791,04	42,36
M. Padrão (Q_6)	92,60	R\$ 21,22	R\$ 1.964,93	R\$ 12,92	R\$ 8,30	R\$ 768,74	39,12

Muçarela (Q_7)	124,81	R\$ 20,36	R\$ 2.541,05	R\$ 12,92	R\$ 7,44	R\$ 928,45	36,54
Parmesão (Q_8)	12,34	R\$ 28,83	R\$ 355,82	R\$ 12,92	R\$ 15,91	R\$ 196,38	55,19
Prato (Q_9)	39,49	R\$ 21,15	R\$ 835,21	R\$ 12,93	R\$ 8,22	R\$ 324,59	38,86
Provolone (Q_{10})	34,96	R\$ 26,33	R\$ 920,44	R\$ 12,92	R\$ 13,41	R\$ 468,76	50,93
Requeijão (Q_{11})	108,79	R\$ 21,67	R\$ 2.357,48	R\$ 12,61	R\$ 9,06	R\$ 985,14	41,79
Ricota (Q_{12})	28,82	R\$ 11,21	R\$ 323,11	R\$ 3,24	R\$ 7,97	R\$ 229,74	71,10
Receita bruta total (R\$)						R\$ 32.862,42	
Margem de contribuição total (R\$)						R\$ 14.674,83	
Lucro (R\$)						R\$ 195,06	

* Relatório de sensibilidade (Apêndice F)

Quanto à mão de obra e quantidade de leite disponíveis, esse cenário mostrou-se viável, visto que, não atingiria os limites adotados para cada parâmetro. A margem de contribuição total atingiu o valor de R\$ 14.674,83, incrementando-se em 40% comparado ao cenário atual.

Este cenário representa uma melhoria dos resultados, pois embora pequeno, obteve-se um lucro de R\$ 195,06, o que demonstra que o aumento da produção seria uma estratégia viável para atingir a autossustentabilidade financeira do laboratório.

Novamente, ressalta-se que, conforme já relatado no cenário 3, existe a insatisfação dos clientes quanto à disponibilidade dos produtos. Sendo assim, o cenário 4, propôs aumentar a produção, visando elevar a satisfação do consumidor. Diferentemente dos cenários 1 e 2 que priorizam otimizar o lucro, aumentando exacerbadamente a produção do doce de leite, o cenário 3 e 4 simulou as condições elevando-se o lucro e ao mesmo tempo aumentando-se a produção equilibradamente entre todos os produtos.

Observa-se que os cenários 1 e 2 pode ocasionar a dificuldade de comercialização do doce de leite, tendo em vista a quantidade de produção sugerida. Ao passo que nos cenários 3 e 4 não ocorreram a discrepância na produção e tende a satisfazer os clientes quanto à oferta dos produtos.

No cenário 3, a simulação ocorreu com a demanda máxima e tal informação foi obtida com base nos históricos de relatórios de vendas, ou seja, quantidade máxima vendida. Entretanto, nunca houve “sobra” de produtos ou descarte de produtos vencidos, o que demonstra que a demanda máxima de produtos pode ser além do cenário 3, justificando-se assim o estudo da viabilidade dos cenários 4, 5 e 6.

Uma constatação importante observada no questionário aplicado é que grande parte dos consumidores possui relação com a instituição. Uma das características que pode dificultar a procura pelos produtos do IFMG, é com relação à distância. O posto de vendas do IFMG – *Campus Bambuí* fica a 5 km de distância do centro da cidade e associado à insatisfação constatada quanto à disponibilidade dos produtos, pode dificultar a procura dos produtos pelo

público externo. Optando-se pelo cenário 4, pode-se investir em estratégias buscando aumentar a demanda do público externo pelos produtos do IFMG.

Frisa-se que o LPL produz sete tipos de queijos e mais os outros produtos lácteos, o que pode ser um diferencial para a marca. Na pesquisa realizada nos mercados locais (Apêndice B), observou-se que é difícil encontrar um portfólio de produtos semelhante ao LPL em um mesmo estabelecimento, ou seja, o portfólio associado à disponibilidade dos produtos pode ser utilizado como uma ferramenta de *marketing* e estratégia para a instituição.

4.3.5 Simulação do cenário 5

Semelhantemente ao cenário 4, analisou a possibilidade de aumentar em 20% o valor de venda máxima. Quanto à mão de obra seriam necessários 3543 min mensais destinados à produção. E necessitaria de 14891,84 L de leite para possibilidade de fabricação das quantidades indicadas. Ou seja, esse cenário mostrou-se viável quanto à disponibilidade dos recursos, pois os limites adotados para cada parâmetro não seriam alcançados. A margem de contribuição total gerada foi de R\$ 16.008,91 (Tabela 11), gerando o incremento de 53% em relação ao cenário atual.

Tabela 11 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 5*

Com restrição de venda mínima e máxima mensal + 20%							
Produtos	Qnt (L ou kg)	Preço de venda (R\$)	Receita Bruta Total (R\$)	CV (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MC (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MCT por produto (R\$)	IMC (%)
Doce de leite (Q_1)	297,32	R\$ 12,42	R\$ 3.692,76	R\$ 4,42	R\$ 8,00	R\$ 2.378,99	64,42
Iogurte (Q_2)	1298,40	R\$ 5,67	R\$ 7.361,93	R\$ 3,37	R\$ 2,30	R\$ 2.984,29	40,54
Leite C (Q_3)	3292,80	R\$ 2,25	R\$ 7.408,80	R\$ 1,30	R\$ 0,95	R\$ 3.114,19	42,03
Manteiga (Q_4)	119,16	R\$ 22,08	R\$ 2.631,05	R\$ 10,99	R\$ 11,09	R\$ 1.321,08	50,21
M. Frescal (Q_5)	228,43	R\$ 20,19	R\$ 4.612,04	R\$ 11,64	R\$ 8,55	R\$ 1.953,86	42,36
M. Padrão (Q_6)	101,02	R\$ 21,22	R\$ 2.143,56	R\$ 12,92	R\$ 8,30	R\$ 838,62	39,12
Muçarela (Q_7)	136,15	R\$ 20,36	R\$ 2.772,05	R\$ 12,92	R\$ 7,44	R\$ 1.012,86	36,54
Parmesão (Q_8)	13,46	R\$ 28,83	R\$ 388,17	R\$ 12,92	R\$ 15,91	R\$ 214,24	55,19
Prato (Q_9)	43,08	R\$ 21,15	R\$ 911,14	R\$ 12,93	R\$ 8,22	R\$ 354,09	38,86
Provolone (Q_{10})	38,14	R\$ 26,33	R\$ 1.004,12	R\$ 12,92	R\$ 13,41	R\$ 511,38	50,93
Requeijão (Q_{11})	118,68	R\$ 21,67	R\$ 2.571,80	R\$ 12,61	R\$ 9,06	R\$ 1.074,70	41,79
Ricota (Q_{12})	31,44	R\$ 11,21	R\$ 352,49	R\$ 3,24	R\$ 7,97	R\$ 250,62	71,10
Receita bruta total (R\$)					R\$ 35.849,91		
Margem de contribuição total (R\$)					R\$ 16.008,91		
Lucro (R\$)					R\$ 1.529,14		

* Relatório de sensibilidade (Apêndice F)

O cenário 5 vislumbrou estratégias futuras. Caso a gestão optar-se-á por aumentar a receita e o lucro no setor, conforme já constatado, existem duas alternativas, aumentar a produção do item com maior rentabilidade (doce de leite) (cenários 1 e 2) ou aumentar a produção de todos os itens (cenário 3 e 4). Optando-se por aumentar a produção de todos os itens é interessante iniciar-se pelo cenário 3, seguido dos cenários 4, 5 e 6, aumentando-se a produção de maneira gradual e ao mesmo tempo analisando a demanda máxima.

Como planejamento da produção, é importante implementar no setor um sistema de gerenciamento de estoque. Existem produtos que possuem elevado prazo de validade, como por exemplo, os queijos provolone e parmesão, ao mesmo tempo, há relatos pelos clientes da falta desses produtos. Ou existem produtos que requerem elevado tempo de produção ou maturação, e não é possível suprir rapidamente a demanda por esses produtos. Sendo assim, deve-se aumentar a produção de maneira controlada e planejada elevando-se assim a lucratividade do setor.

4.3.6 Simulação do cenário 6

Caso os cenários 4 e 5 fossem adotados pelo laticínio do IFMG Bambuí e constatada a demanda, seria possível o planejamento do cenário 6, em que há um aumento de 30% dos valores de venda máxima.

Neste cenário, do ponto de vista produtivo, seria possível a fabricação das quantidades indicadas e ainda teria sobra de tempo de mão de obra e de leite. A margem de contribuição foi de R\$ 17.342,98 e o lucro de R\$ 2.863,21, havendo um incremento de 65% em relação do cenário atual (Tabela 12).

Tabela 12 – Relação de quantidade, margem de contribuição e lucro do cenário 6*

Com restrição de venda mínima e máxima mensal + 30%							
Produtos	Qnt (L ou kg)	Preço de venda (R\$)	Receita Bruta Total (R\$)	CV (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MC (R\$ L ⁻¹ ou R\$ kg ⁻¹)	MCT por produto (R\$)	IMC (%)
Doce de leite (Q_1)	322,10	R\$ 12,42	R\$ 4.000,49	R\$ 4,42	R\$ 8,00	R\$ 2.577,24	64,42
Iogurte (Q_2)	1406,60	R\$ 5,67	R\$ 7.975,42	R\$ 3,37	R\$ 2,30	R\$ 3.232,98	40,54
Leite C (Q_3)	3567,20	R\$ 2,25	R\$ 8.026,20	R\$ 1,30	R\$ 0,95	R\$ 3.373,71	42,03
Manteiga (Q_4)	129,09	R\$ 22,08	R\$ 2.850,31	R\$ 10,99	R\$ 11,09	R\$ 1.431,17	50,21
M. Frescal (Q_5)	247,47	R\$ 20,19	R\$ 4.996,38	R\$ 11,64	R\$ 8,55	R\$ 2.116,68	42,36
M. Padrão (Q_6)	109,43	R\$ 21,22	R\$ 2.322,19	R\$ 12,92	R\$ 8,30	R\$ 908,51	39,12
Muçarela (Q_7)	147,50	R\$ 20,36	R\$ 3.003,06	R\$ 12,92	R\$ 7,44	R\$ 1.097,26	36,54
Parmesão (Q_8)	14,59	R\$ 28,83	R\$ 420,51	R\$ 12,92	R\$ 15,91	R\$ 232,09	55,19
Prato (Q_9)	46,67	R\$ 21,15	R\$ 987,07	R\$ 12,93	R\$ 8,22	R\$ 383,60	38,86

Provolone (Q_{10})	41,31	R\$ 26,33	R\$ 1.087,80	R\$ 12,92	R\$ 13,41	R\$ 553,99	50,93
Requeijão (Q_{11})	128,57	R\$ 21,67	R\$ 2.786,11	R\$ 12,61	R\$ 9,06	R\$ 1.164,25	41,79
Ricota (Q_{12})	34,06	R\$ 11,21	R\$ 381,86	R\$ 3,24	R\$ 7,97	R\$ 271,51	71,10
Receita bruta total (R\$)						R\$ 35.849,91	
Margem de contribuição total (R\$)						R\$ 17.342,98	
Lucro (R\$)						R\$ 2.863,21	

* Relatório de sensibilidade (Apêndice F)

O cenário 6 simulou o aumento expressivo de 30% a mais na produção. Ao mesmo tempo que se elevou a lucratividade do setor, pode surgir indagações quanto à demanda dos produtos. Com base no levantamento da opinião dos consumidores, acredita-se que não correria a saturação dos produtos. Entretanto, cautelosamente, esse cenário, é recomendado após o emprego dos cenários 4 e 5, aumentando-se gradativamente a produtividade do setor. Conjuntamente com esse cenário, pode-se utilizar outras estratégias de vendas, empregando-se as mídias digitais como investimento em *marketing*, promoções de produtos, desenvolvimento ou adaptação de um aplicativo dotado de sistema de *delivery* dos produtos e ponto de apoio de venda na cidade.

4.4 Análise Custo-Volume-Lucro

Na análise do Custo-Volume-Lucro (CVL), observou-se que a margem de segurança variou de acordo com as condições e os cenários impostos, com variação entre -R\$8.978,27 e R\$49.692,77 (Tabela 13).

Tabela 13 - Análise Custo-Volume-Lucro

Análise Custo-Volume-Lucro				
	Receita Bruta Total (RBT)	Margem de Contribuição Total (MCT)	Ponto de Equilíbrio Contábil (PEC)	Margem de Segurança (MS)
Cenário atual	R\$ 23.563,60	R\$ 10.484,82	R\$ 32.541,87	-R\$ 8.978,27
Cenário 1	R\$ 72.168,89	R\$ 46.493,30	R\$ 22.476,12	R\$ 49.692,77
Cenário 2	R\$ 62.282,86	R\$ 36.636,77	R\$ 24.615,75	R\$ 37.667,11
Cenário 3	R\$ 29.874,93	R\$ 13.340,76	R\$ 32.425,61	-R\$ 2.550,68
Cenário 4	R\$ 32.862,42	R\$ 14.674,83	R\$ 32.425,61	R\$ 436,81
Cenário 5	R\$ 35.849,91	R\$ 16.008,91	R\$ 32.425,61	R\$ 3.424,31
Cenário 6	R\$ 38.837,41	R\$ 17.342,98	R\$ 32.425,61	R\$ 6.411,80

No estudo global dos parâmetros que compõe a análise CVL, permitiu averiguar detalhadamente a situação financeira do laboratório. Observou-se que o atual sistema de

produção possui margem de contribuição positiva, mas apresenta prejuízo. Considera-se que seria necessário aumentar R\$ 8.978,27 das receitas para poder atingir o ponto de equilíbrio contábil. E a margem de segurança negativa indicou a necessidade de mudanças no sistema de planejamento de produção e vendas, pois representa que o LPL operou 27,59% abaixo do ponto de equilíbrio contábil, demonstrando um resultado insatisfatório, que não conseguiu cobrir os seus custos fixos do período e tão pouco obter o lucro desejado. Resultados semelhantes foram descritos por Sant'Anna *et al.* (2015), que aplicaram a análise CVL para avaliar o desempenho econômico em uma clínica de vacinação.

Na análise dos parâmetros administrativos, associados à programação linear, observou-se que é possível simular cenários e propor estratégias buscando otimizar os recursos disponíveis bem como elevar o lucro da instituição.

5 CONCLUSÕES

Norteadas pela busca de melhores resultados, as organizações visam maximizar o lucro e minimizar os custos. Para isso, é fundamental que as decisões organizacionais tomadas sejam assertivas. E a utilização da programação linear mostrou-se uma aliada para avaliar diferentes perspectivas para que a melhor decisão seja adotada.

Diante disso, as principais questões que motivaram esta pesquisa foram:

- Desenvolver uma pesquisa que trouxesse retornos positivos ao *campus*, por isso, foi escolhido, como objeto de estudo, o Laboratório de Processamento do Leite, por ser um dos setores produtivos que geram receitas próprias do *campus*;
- Entender o comportamento e o grau de satisfação dos consumidores dos produtos lácteos Sabores do IFMG;
- Compreender a situação atual do Laboratório de Processamento do Leite do IFMG – *Campus* Bambuí, seja do ponto de vista gerencial ou do financeiro, ao concluir se a operação está gerando lucro ou prejuízo;
- Conhecer detalhadamente como e quanto a produção pode ser melhorada para aumentar o lucro e diminuir os custos;
- Sugerir estratégias que pudessem trazer melhores resultados ao Laboratório, que embora seja voltado ao ensino, gera recursos ao *campus* e pode se tornar autossustentável financeiramente.

Com o desenvolvimento da pesquisa, verificou-se que o atual sistema de gerenciamento do Laboratório de Processamento do Leite do IFMG – *Campus* Bambuí carece de informações para um melhor planejamento da produção. Anterior a esta pesquisa, não haviam dados de fabricação registrados em meios digitais, tampouco existiam relatórios analíticos que pudessem relacionar o recebimento do leite, custos, capacidade produtiva, demanda, venda e lucro. Os relatórios de venda são digitais, mas apresentam somente a quantidade vendida e a receita bruta, além de terem sido constatados equívocos de registros de vendas. Os custos detalhados de cada produto não são analisados e não há uma política de formação e atualização dos preços de venda. Diante disso, concluiu-se que um dos objetivos específicos desta pesquisa foi alcançado ao demonstrar a importância dos parâmetros administrativos calculados, dos registros das informações, e da integração dos dados entre os diferentes setores (bovinocultura, posto de vendas e diretoria), evitando-se assim, desencontros de informações e auxiliando no gerenciamento da instituição.

Na análise do comportamento dos consumidores e grau de satisfação, aplicou-se um questionário eletrônico, do qual foi respondido por 220 consumidores. De acordo com os entrevistados, constatou-se que habitualmente, os três produtos mais adquiridos são o Iogurte de morango, doce de leite cremoso e manteiga. Os três produtos menos requisitados são o leite desnatado, ricota temperada e ricota. Quanto à qualidade, 74,1% dos clientes relatam plena satisfação. Em relação aos preços, 70% classificaram-se entre satisfeitos (29,5%) e plenamente satisfeitos (40,5%). Em relação à disponibilidade dos produtos, 60% classificaram-se entre satisfeitos (31,8%) e plenamente satisfeitos (28,2%). Ainda, 58,18% relataram a indisponibilidade de alguns produtos.

Para entendimento da produção, realizou-se a observação direta intensiva e entrevista. Foram constatadas dificuldades, como: inconstância no processo produtivo, oscilação de funcionários e alterações no padrão de produção e venda, devido ao período de pandemia da Covid-19. Esses fatores prejudicaram a aplicação da Teoria das Restrições, pois impossibilitou a identificação do recurso limitante. Entretanto, foi possível desenvolver o mapeamento baseado na notação *Business Process Model and Notation* (BPMN). Este recurso facilitou o cálculo do tempo de produção de cada produto, que serviu como dado base para o desenvolvimento do modelo de otimização da produção do Laboratório.

Após todos os dados obtidos, organizados, tabulados e analisados, foi possível desenvolver o modelo que demonstrasse as condições produtivas do Laboratório e verificar se as condições atuais são satisfatórias ou se ficam aquém da sua capacidade.

Constatou-se que no cenário atual a margem de contribuição foi de R\$ 10.484,82, prejuízo de -R\$ 3.994,95 e margem de segurança de -R\$ 8.978,27. Embora o LPL seja voltado para o ensino, é interessante a autossustentabilidade financeira do setor, demonstrando a necessidade de um planejamento de modo a melhorar os parâmetros administrativos obtidos.

Por isso, foram estudados seis cenários diferentes. No primeiro cenário, foram estipuladas restrições como tempo de mão de obra e disponibilidade de matéria-prima. Um segundo cenário foi criado com base nas mesmas restrições anteriores e adicionadas as restrições mínimas de produção para cada item fabricado. Para evitar a indicação exacerbada de produção, foi elaborado o cenário 3, em que, além das restrições anteriores, também foi acrescentada a restrição de demanda máxima. Conforme questionário eletrônico criado para conhecer a demanda, padrão de consumo e preferências dos clientes, constatou-se a insatisfação quanto à oferta dos produtos. Diante disso, os cenários 4, 5 e 6 foram estruturados visando aumentar o limite máximo da produção em 10%; 20% e 30%, respectivamente.

Com os cenários simulados associados à análise CVL, foi possível verificar alternativas para maximização do lucro nas condições atuais, ao aumentar consideravelmente a fabricação do doce de leite cremoso ou aumentar equilibradamente a produção de todos os itens. Dentre todos os cenários propostos, indica-se adotar o cenário 4, que visa atender à satisfação do cliente quanto à oferta dos produtos e obteve incremento de 40% na margem de contribuição total e passou a ter lucro de R\$ 195,06. Posteriormente, gradativamente, pode-se estudar a viabilidade dos cenários 5 e 6.

Ao estudar a Teoria das Restrições, a fim de contrapor o mix de produção definido pela Programação Linear, o estudo deparou-se com alguns empecilhos que inviabilizaram a identificação do recurso limitante para que pudesse ser calculado o maior ganho por minuto nesse ponto crítico. Entretanto, o estudo da TOC gerou ganhos a esta pesquisa ao demonstrar que o mix de produção pode ser ainda mais confiável quando se alinha mais de uma técnica para sua definição.

Ademais, o estudo desses cenários possibilitou a análise das informações e levantamento do que precisa ser melhorado e estratégias que possam ser adotadas, como: ações de *marketing*, distribuição de vendas em pontos comerciais na cidade, promoções, estudo para formação dos preços de venda, entre outras estratégias que podem ser aplicadas.

Dessa forma, o modelo abre um leque de possibilidades a serem estudadas e simuladas, ao realizar a construção de novos cenários, com as devidas adequações dos dados, objetivo, variáveis de decisão e restrições. Por isso, pode-se concluir que a programação linear associada à ferramenta Solver® pode auxiliar no estudo da otimização da produção e lucro do setor.

5.1 Limitações e sugestões para trabalhos futuros

É importante reconhecer as limitações existentes nesta pesquisa e sugerir trabalhos futuros, que possam confirmar e/ou melhorar os resultados descritos acima. As principais limitações deste trabalho foram: a carência de informações quanto aos parâmetros administrativos, principalmente, quanto ao comportamento/satisfação do consumidor, quanto ao custo de produção, e quanto a demanda pelos produtos. A falta de interação entre os diferentes setores envolvidos (bovinocultura; laticínio e posto de vendas), quanto aos parâmetros, custo e viabilidade da produção. A especificidade do setor, em que é voltado para o ensino, porém comercializa-se parte da produção. O período da pandemia da Covid-19, em que alterou o comportamento do consumidor e do processo de produção. A falta do

planejamento estratégico de produção e gerenciamento de estoque bem como a falta de estratégias de comercialização.

Em um cenário de mudanças contínuas e rápidas, como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o estudo da viabilidade de implantação de um sistema de informação gerencial integrado, o que possibilitaria a geração de informações rápidas e úteis. Com isso, o modelo se beneficiaria de dados mais precisos e novas hipóteses poderiam ser testadas, auxiliando no planejamento estratégico da instituição.

Com as informações registradas e integradas entre os setores, pode-se analisar outras características que não foram abordadas na presente pesquisa, como a sazonalidade do leite. Épocas com alta produtividade de leite pelo setor de bovinocultura, pode-se elevar as produções dos itens com elevado prazo de validade, como, doce de leite, queijo parmesão e provolone, aumentando-se assim o estoque desses produtos. Conjuntamente, deve-se propor estudos com gerenciamento e planejamento de estoques.

No atual cenário constatou-se prejuízo, e uma alternativa para sanar tal dificuldade é aumentar a produção. Nessa temática, como trabalhos futuros, pode-se analisar a viabilidade de aumentar a produção e estudar a viabilidade de vendas de produtos por meio de *delivery*. Atualmente, existem diversas plataformas digitais disponíveis que integram estabelecimento e consumidor final, que poderiam ser facilmente implementados.

Outra sugestão para trabalhos futuros é com relação ao preço de venda dos produtos. No setor de fabricação de produtos lácteos, ocorrem rápidas mudanças quanto a precificação, uma vez que está atrelada ao cenário de precificação da matéria prima, ou seja, leite. As fábricas estão constantemente ajustando seus preços, ajustando a margem de contribuição dos seus produtos em busca de se manterem no mercado. Da mesma forma, recomenda-se o estudo detalhado em busca de uma metodologia de precificação dos produtos Sabores do IFMG.

Recomenda-se ainda o investimento em estratégias de *marketing*. Os produtos Sabores do IFMG são bem avaliados pelos consumidores quanto à qualidade. O queijo parmesão já foi premiado com medalha de ouro no concurso Mundial de Queijos do Brasil e é um produto que foi constatado defasagem quanto à precificação. Ou seja, deve-se estudar a formação de preços levando-se em consideração a qualidade dos produtos com o auxílio das ferramentas de *marketing*. Além do mais a instituição está inserida em uma região conhecida mundialmente pela produção do queijo Canastra, logo, pode-se analisar a viabilidade da implantação de novos produtos.

6 REFERÊNCIAS

ALBANO JUNIOR, D. J.; VIEGAS, R. A.; OLIVEIRA, A. L. G.; SIMOES, A. S. A contribuição da programação linear e da teoria das restrições para o planejamento a médio prazo do mix de produção em uma fábrica de refrigerantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35, 2015, Fortaleza. **ANAIS ELETRÔNICOS DO ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**.

ALMEIDA, F.A. de; BARBIERI, J.P.; MONTEVECHI, J.A.B.; GOMES, J.H.de F., PINHO, A.F. de A linear programming optimization model applied to the decision-making process of a Brazilian e-commerce company. **Exacta**, v.17, n.3, p. 149-157, jul./ set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v17n3.850>

ALMEIDA, L. J.; MARTINS, G. A. S.; SILVA, W. G. da. Otimização de processos utilizando a programação linear. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n.16, p. 1641-1653, 2013.

ALVES, E.; GRANERO, G; HAUCK, R. M.; LEAL, A. C. Cálculo do ponto de equilíbrio: estudo de caso em uma indústria calçadista de Franca-SP. **Creare**, v.3, n.1, 2020.

ALVES, R.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P. Aplicação dos princípios da teoria das restrições e de técnicas de simulação na gestão da dinâmica operacional de um pequeno restaurante: um estudo de caso. **Espacios**, v. 35, n. 7, p. 21, 2014.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional**: para cursos da engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

ASSIS, J. de; FERREIRA, J. D.; MARTINS, H. H.; SCHNEIDER, M. B. Cadeia produtiva do leite no brasil no contexto do comércio internacional. **Revista Ciências Empresariais**, v. 17, n. 1, p. 63-93, jan./jun. 2016.

BAPTISTA, A. E.; SILVA, W. A. C.; ARAÚJO, E. A. T. Sistema de controles internos em empresas de laticínios da região do Alto Paranaíba/MG. **Revista Custos e @gronegócios**, v. 8, n. 4, out./nov. p. 100-126, 2012.

BARBOSA, M. A.; ZANARDINI, R. A. D. **Iniciação à pesquisa operacional no ambiente de gestão**. 2. ed. rev., atual. e ampl. Curitiba: InterSaber, 2014.

BARELLA, R. C. F.; SOUZA, C. C.; REIS NETO, J. F.; MALDONADO, S.; RODRIGUES, W. O. P. Otimização da Produção de Queijos Usando a Ferramenta Solver do Excel. **UNICIÊNCIAS**, v. 24, n. 2, p. 124-129, 2020.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V. **Introdução à engenharia**: conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.

BOJANG, P. O.; YU P. S.; YANG, T. C.; KUO C. M. Optimal Cropping Patterns for Profit Maximization Using a Linear Programming Model: A Case Study in Njawara Village, The Gambia. **International Conference on Hydroscience & Engineering**, 12, Hydro-Science & Engineering for Environmental Resilience. November 6-10, 2016.

BRASIL. Presidência da República. Lei Nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. Brasília - DF, dez. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm. Acesso em: 16 maio 2019.

CARLI, B. S.; MARCELLO, I. E.; GOMES, G.; HEIN, N. Métodos de atribuição de custos conjuntos aplicados ao setor de laticínio: estudo de caso no laticínio Boa Esperança do Iguazu Ltda. **Custos e @gronegocio online**, v. 8, n. 1, jan./mar., 2012.

CASTRO, L.; BORGERT, A.; SOUZA, F. R. Definição do mix de produção em uma indústria de lácteos com uso da programação linear: um estudo de caso. Congresso Brasileiro de Custos, 22, Foz do Iguazu, 2015. **ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS – ABC**.

CAVALCANTE, B. R.; SHIMOYA, A.; RIBEIRO, K. C. Validação de questionário sobre nível de satisfação em uma panificação em Campos dos Goytacazes, RJ. **Vértices**, v.19, n. 3, pp. 187-209, 2017.

CENSO AGROPECUÁRIO 2016. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 146 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/agropecuariaio.pdf>>.

CHIAVENATO, I.; SAPIRO, A. **Planejamento estratégico: fundamentos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

COLPO, I.; MEDEIROS, F. S. B.; AMORIN, A. L. W.; WEISE, A. D. Análise do Custo-Volume-Lucro auxiliando na tomada de decisão: o caso de uma microempresa. **Revista da Micro e Pequena Empresa**. Campo Limpo Paulista, v.9, n.3, p. 22 - 36, 2015.

COSTA, F.; SANTANA, L. T.; FERNANDES, S. Gestão de estoque: estudo de caso sobre previsão de demanda em uma microempresa fabricante de materiais esportivos. **Refas**. v.3, n.3, abril 2017.

CREPALDI, S. A. **Curso Básico de Contabilidade de Custos**. 5. ed. Editora Atlas, São Paulo, 2016.

DAL MAGRO, C. B.; PICOLO, J. D.; ZONATTO, V. C. d. S.; CARLI, S. B. Análise do mix de produção para maximização da lucratividade em produção conjunta: um caso na indústria de lácteos. **Custos e @gronegocio on line**, v. 12, n. 1, p. 153–180, 2016.

DHAND, S.; SINGLA, A. Sensitivity analysis and optimal production scheduling as a dual phase simplex model. **Indian Journal of Science and Technology**. v. 9, out. 2016. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i39/100788.

DOMINGUES, O. G. D.; TINOCO, J. E. P.; YOSHITAKE, M.; PAULO, W. L.; CLARO, J. A. C. S. Gestão de capital de giro e formação do preço de venda praticado pelas micro e pequenas empresas. **Revista Ambiente Contábil**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. v. 9, n. 1, jan./jun. 2017.

DUAN, Y.; EDWARDS, J. S.; DWIVEDI, Y. K. Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. **International Journal of Information Management**, v.48, p. 63-71, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>.

Embrapa. **Indicadores: Leite e Derivados**. Ano 9, n. 78 (Maio/2018) – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018.

ESCOBAR, V. G. A.; VEGA, P. G.; ZAMORA, M. M. G. Applying the theory of constraints to the logistics service of medical records of a hospital. **European Research on Management and Business Economics**, v. 22, p. 139-146, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.iedee.2015.07.001>.

ESCOBET, T.; PUIG, V.; QUEVEDO, J. PALÁ-SCHÖNWÄLDER, P.; ROMERA, J.; ADELMAN, W. Optimal batch scheduling of a multiproduct dairy process using a combined optimization/constraint programming approach. **Computers & Chemical Engineering**, v. 124, p. 228-237, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.08.040>.

ESTENDER, A. C.; SEQUEIRA, G. R.; SIQUEIRA, N. A. S.; CANDIDO, G. J. A Importância do Planejamento e Controle de Produção. IN: Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade – SINGEP, 6, 2017, São Paulo. **Anais do VI SINGEP**.

FALSARELLA, O. M. JANNUZZI, C. A. S. C. Planejamento Estratégico Empresarial e Planejamento de Tecnologia de Informação e Comunicação: uma abordagem utilizando projetos. **Gestão da Produção**, v. 24, n. 3, p. 610-621, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X481-16>

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.

FERRARI, E. L. **Contabilidade de custos Teoria facilitada e todas as questões resolvidas**. 1ª Edição, Editora Impetus, Rio de Janeiro, 2015.

FREITAS FILHO, P. J. de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2. ed. rev. e atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GAMEIRO, A. H.; ROCCO, C. D.; CAIXETA FILHO, J. V. Linear Programming in the economic estimate of livestock-crop integration: application to a Brazilian dairy farm. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, n.4, p.181-189, 2016.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: jun. 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo : Atlas, 2008.

GODINHO, I. P.; CORSO, L. L. Aplicação da Programação Linear para otimizar o mix de produtos em uma empresa de confecção. **SCIENTIA CUM INDUSTRIA**, v. 7, n. 2, p. 83 — 87, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p83>.

GOLI, A.; ZARE, H. K.; MOGHADDAM, R. T.; SADEGHIEH, A. Hybrid artificial intelligence and robust optimization for a multi-objective product portfolio problem Case study: The dairy products industry. **Computers & Industrial Engineering**, v. 137, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106090>.

GUERRINI, F. M.; AZZOLINI JÚNIOR, V.; BELHOT, R. V. **Planejamento e controle da produção: projeto e operação de sistemas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014

GUTIÉRREZ, M. Making better decisions by applying mathematical optimization to cost accounting: An advanced approach to multi-level contribution margin accounting. **Heliyon**, v.7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06096>.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2013.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LAURETH, S. V. WERNKE, R. HEBERLE, E. L. RUFATTO, I. Análise custo/volume/lucro aplicada em supermercado de pequeno porte: estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 3, p. 863-885, jun. 2018.

LEITE, R. S.; PINTO, M. R. Inovação de produtos em pequenas indústrias de laticínios. **Innovation, Technology and Management Journal**, v.14, n.2, p.744-763, 2014.

LINDOZO, L. H. M.; LOPES, R. A.; JESUS, L. J. M. de; SILVA, B. E. P.; CUTRIM, R. M. **Utilização da pesquisa operacional para soluções de Transporte: uma aplicação da teoria das filas**. IN: (Orgs) OLIVEIRA, D. R.; CUTRIM, R. M.; SALLES, J. A. A.; AGOSTINO, Í. R. S. Pesquisa operacional no contexto das organizações. São Luís - MA: Editora Motres, 2018.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MAGALHÃES, A. A.; SILVA, A. M.; CAETANO, V. J. Método de custeio RKW: aplicação na indústria de laticínios Andry. **Qualia: a ciência em movimento**, v.3, n.2, p.94-122, 2017.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. V. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MARINS, F. A. S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, G. A. THEÓPHILO, C.R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MAYBERRY, D.; ASH, A.; RESTWIDGE, D., GODDE, C. M.; HENDERSON, B. DUNCAN, A.; BLUMMEL, M.; REDDY, Y. R.; HERRERO, M. Yield gap analyses to estimate attainable bovine milk yields and evaluate options to increase production in Ethiopia and India. **Agricultural Systems**, v.155, p.43-51, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.04.007>.

MELO, D. C.; ALCÂNTARA, R. L. C. A gestão da Demanda na Cadeia de Produção da Indústria de Laticínios: uma análise dos problemas e abordagens para melhoria. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 15, n.2, p.3-22, maio/agosto, 2012.

MENEZES, I. L.; RODRIGUES, L. O. C.; FARIA, C. M.; FERREIRA, M. K. S. O.; MELO, B. L. T. Determinação do mix de produto via programação linear: estudo de caso de um laticínio na cidade Bambuí – MG. **Gestão da Produção em Foco**, v.18, p. 35-42, 2018.

MENEGHINI, R. C. M. **Ferramenta para maximização do lucro de laticínios pelo planejamento do mix ótimo de produtos lácteos e precificação dos componentes do leite cru**. Tese (Doutorado em Ciências) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.

MENEGHINI, R. C. M.; CASSOLI, L. D.; MARTINES FILHO, J. G.; XAVIER, C. E. O.; SANTOS, M. V.; CAIXETA FILHO, J. V.; NATEL, A. S.; MACHADO, P. F. How can dairies maximize their profits and properly remunerate their dairy farmers? **Scientia Agricola**, v.73, n.1, p.51-61, January/February 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0261>.

MIGUEL, P. A. C. (coord.); FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MÜLLER, F. M.; AZEVEDO, A. T. de. A história da pesquisa operacional no brasil – o caso dos encontros regionais de pesquisa operacional – Erpo. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**. v. 10, n. 3, p. 128-145, 2018.

NEVES, E. B.(org.); DOMINGUES, C. A. (org.). **Manual de metodologia da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: EB/CEP, 2007.

OENNING, V.; RODRIGUES, L. H.; CASSEL, R. A.; ANTUNES JR., J. A. V. Teoria das Restrições e Programação Linear: uma análise sobre o enfoque de otimização da produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24, Florianópolis, 2004. **Anais de resumos: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**.

OKUTMUS, E.; KAHVECI, A.; KARTAŠOVA, J. Using theory of constraints for reaching optimal product mix: an application in the furniture sector. **Intellectual Economics**, v. 9, n. 2, p.138-149, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intele.2016.02.005>.

OLIVEIRA, M. F. de. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração. Catalão: UFG, 2011.

OLIVEIRA, R. L.; FAGUNDES, L. D.; LIMA, R. S.; MONTAÑO, M. Discrete event simulation to aid decision-making and mitigation in solid waste management. **Mitigation and**

Adaptation Strategies for Global Change, v. 25, p. 97-85, 2020. DOI:10.1007/s11027-019-09859-4.

PADOVEZE, C. L. **Contabilidade de Custos: Teoria, Prática, Integração com Sistemas de informações (ERP)**. 1 ed. Editora Cengage Learning: São Paulo, 2018.

PAPPAS, N.; CAPUTO, A.; PELLEGRINI, M. M.; MARZI, G.; MICHPOULOU, E. The complexity of decision-making processes and IoT adoption in accommodation SMEs. **Journal of Business Research**, v. 131, p.573-583, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.010>

PEGORARO, F.; RIBEIRO, P. L. Cálculo do custo da mão de obra direta sob a ótica da teoria das restrições. **Brazil Journal of Development**, v. 6, n. 5, p.31292-31304, may. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-549.

PEREZ JUNIOR, J. H.; OLIVEIRA, L. M. **Gestão Estratégica de Custos: Textos, casos práticos e testes com as respostas**. 8. ed. Editora Atlas: São Paulo, 2017.

PINTO, K. C. R. **Aprendendo a decidir com a pesquisa operacional**. Uberlândia: EDUFU, 2008.

PEROBELLI, F. S.; ARAÚJO JÚNIOR, I. F.; CASTRO, L. S. As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais. **Nova Economia**, v.28, n.1, p. 297-337, 2018.

PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL 2019. Rio de Janeiro: IBGE, v. 47, p.1-8, 2019.

PRÓ-REITORIA DE ADMINISTRAÇÃO E PLANEJAMENTO. **Simplificando o orçamento do IFMG: manual do orçamento ano 2018**. Belo Horizonte: IFMG. 2017.

PUCCINI, A. L. **Introdução à programação linear**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos, 1980.

REBELO, V. L. V.; MENEZES, G. M. S.; NELO, V. A. W.; FREITAS, J. M. S.; MARINHO, D. F. S. Mapeamento de processo com base na metodologia BPMN: estudo de caso em uma companhia de gás. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 6, n.2, p. 19-30, 2020.

REZENDE, A. A.; SANTOS, A. C.; COSTA, A. M. Custos de produção em laticínios. **Revista Custos e @gronegócios**, v. 2, n. 1, p. 69 – 91, 2006.

RIKHARDSSON, P.; YIGITBASIOGLU, O. Business intelligence & analytics in management accounting research: Status and future focus. **International Journal of Accounting Information Systems**, v. 29, p. 37-58, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2018.03.001>.

ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. M.; OLIVEIRA, M. S. R.; MARQUARDT, L.; RICHARDS, N. S. P. S. Indústrias lácteas: alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental. **TECNO-LÓGICA**, v.15, n.2, p.79-83, jul./dez. 2011.

SANT'ANNA, M. M.; ABRUZZI, J. G.; PIACENTINI, N.; CARDOSO, M. F. Análise de custo, volume e lucro na prestação de serviço: um estudo de caso em uma clínica de vacinação. **Revista de Informação Contábil**, v. 9, n. 2, p. 95-113, 2015.

SANTOS, M. A. **Contabilidade de Custos**. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; Superintendência de Educação a Distância, 2018.

SANTOS, A. S. Teoria das restrições: uma abordagem comparativa em relação aos métodos de custeio tradicionais. **Revista FIBiNOVA**. v. 1, n. 1, 2019.

SARODE, M. V. Application of a simplex method to find the optimal solution. **International Journal of Innovations in Engineering and Science**, v. 2, n.2, 2017.

SCHEREN, G.; WERNKE, R.; JUNGES, I.; SANTOS, A. P. Análise custo-volume-lucro: aplicação em pequena indústria de alimentos com gama diversificada de produtos. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v.11, n.21, p.96 - 121, 2019.

SHEIBANI, E.; MOGHADDAM A. D.; SHARIFAN, A.; AFSHARI, Z. Linear programming: an alternative approach for developing formulations for emergency food products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.98, n. 4, p. 1444-1452. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8612>.

SILVA, A. L. E.; SILVA, V. C.; KIPPER, L. M.; CARVALHO, F. S.; MORAES, J. A. R. Aumento do desempenho fabril sob a luz da teoria das restrições: o caso de uma fábrica de colchões. **Revista Produção Online**, v. 17, n. 1, p. 3-25, jan./mar. 2017.

SILVA, D. S.; RUBA, L. R. R.; SOARES, A. M; KOVALESKI, J. L. Análise de custos e sua importância na tomada de decisão em pequenas empresas do ramo alimentício: um estudo de caso. **Revista Produção Industrial & Serviços**, v. 04, n. 02, p. 159-171, 2017.

SILVA, R. N. S.; LINS, L. S. **Gestão de Custos: contabilidade, controle e análise**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

SILVA, R. R.; SOARES, C. M. S.; AGUIAR, A. O.; GOMES, D. S. MARTINS, G. A. S.; WARLEY, G. S. Uso da programação linear na otimização de processos dentro da indústria de alimentos. **Revista Desafios**, v. 6, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359365220196Especialp24>.

SILVA, V. V. A Pesquisa operacional e o apoio à decisão: um estudo de caso em uma pequena empresa de brigadeiros de Uberlândia/MG. **Revista Ciências Gerenciais**, v. 21, n. 34, p. 128-134, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6571.v21n34>.

SILVEIRA, G. N.; MARTINS, S. K. L.; LUNKES, J. R.; GASPARETTO, V. Alinhamento entre planejamento estratégico e planejamento orçamentário em uma instituição pública federal de ensino. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v.8, n.1, p.221-235, 2017. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2179-684X.2017.001.0017>.

SILVÉRIO, A.; SANTOS, M. S. C.; PEDROZO, V. S.; SOUZA, M. V. B. Viabilidade da implantação de sistemas de informação na produção de leite UHT. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n.4, p. 3072-3076, 2019.

SIMÕES, J. V. B.; LIMA, A. R. S. Aplicabilidade da Teoria das Restrições: um estudo dos métodos de gerenciamento da produção em indústrias. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v.12, n. 42, p. 282-299, 2018.

SIMS, T.; WAN, H. Constraint identification techniques for lean manufacturing systems. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 43, p. 50–58, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2015.12.005>.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 1. ed. 10. reimpr. São Paulo: Atlas, 2006.

SOARES, B. F.; TRINDADE, C. L.; VALLIM, M. P. B. L.; VALLIM, C. R. Formação do preço de venda por meio do custeio variável: um estudo de caso de um restaurante no ifood delivery. Congresso Brasileiro de Custos, 26, Curitiba, 2019. **ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS – ABC**.

SOARES, R. C. M.; BAUER, K. A. Margem de contribuição: um estudo na empresa companhia alpha. **Revista de Extensão e Iniciação Científica da Unisociesc**, v.6, n.2, 2020.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional: uma visão geral**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TUBINO, D. F. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.

VICECONTI, P. E. V.; NEVES, S. **Contabilidade de custos: um enfoque direto e objetivo**. 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

VIEIRA, E. C.; ABREU, M. C. S.; ALBERTIN, M. R.; SILVA FILHO, J. C. L. Otimização de um processo produtivo por meio do uso conjunto da teoria das restrições com programação linear: estudo de caso no segmento de plásticos descartáveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. **ANAIS ELETRÔNICOS DO ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**.

VIEIRA, M. T. C.; CORTEZ, F. C. C.; SOUZA, F. A. Definição de um mix de produção através da programação linear para uma empresa de refrigeração da cidade de Itajubá-MG. **Produção Industrial & Serviços**, v. 04, n. 01, p. 60-71, 2017.

VILELA, D. Para onde caminha o leite. **Revista Balde Branco**, n. 603, p. 41-43, jan. 2015.

VILELA, D.; RESENDE, J. C.; LEITE, J. B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, n. 1, p.5 – 24, 2017.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Modelo composto para prever demanda através da integração de previsões. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 493-509, dez. 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132006000300011>.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Estudo de Demanda dos produtos LÁCTEOS "Sabores do IFMG"

Este questionário tem como finalidade identificar problemas na produção e venda dos produtos lácteos (derivados do leite) da marca "Sabores do IFMG", e possivelmente buscar maneiras de corrigi-los. Sendo assim, sua contribuição é de grande importância.

***Obrigatório**

1. SEXO *

Marcar apenas uma opção.

- Feminino;
 Masculino.

2. IDADE *

Marcar apenas uma opção.

- Até 20 anos
 21 a 30 anos
 31 a 40 anos
 41 a 50 anos
 Acima de 50 anos

3. Vínculo com a instituição *

Marcar apenas uma opção.

- Servidor (quadro efetivo ou terceirizado)
 Aluno
 Comunidade externa

4. Você já adquiriu algum produto lácteo "Sabores do IFMG"? *

Marcar apenas uma opção.

- Sim
 Não

5. Com qual frequência você consome os produtos lácteos "Sabores do IFMG" *

Marcar apenas uma opção.

- Mais de duas vezes por semana
 Uma vez na semana
 Duas vezes ao mês
 Uma vez ao mês
 Menos de uma vez ao mês
 Nunca consome

6. Quais produtos você compra habitualmente? *

Marque todas que se aplicam.

- Iogurte Natural
 Iogurte de Morango
 Iogurte de Pêssego
 Iogurte de Ameixa
 Iogurte de Salada de Frutas
 Iogurte de Coco
 Manteiga
 Doce de leite pastoso

- Doce de leite em barra
- Queijo Minas Frescal
- Queijo Minas Padrão
- Queijo Muçarela
- Queijo Prato
- Queijo Parmesão
- Provolone
- Requeijão em Barra
- Ricota
- Ricota Temperada
- Leite Integral
- Leite Desnatado
- Nenhum

7. Satisfação quanto à qualidade dos produtos *

Marcar apenas uma opção.

- | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Pouco Satisfeito | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Muito Satisfeito |

8. Satisfação quanto ao preço dos produtos em relação à concorrência *

Marcar apenas uma opção.

- | | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Pouco Satisfeito
(Produtos com
elevado preço de
aquisição) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Muito Satisfeito (Produtos com
preços compatíveis ao do
mercado) |

9. Satisfação quanto à disponibilidade dos produtos*

Marcar apenas uma opção.

- | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Pouco Satisfeito | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Muito Satisfeito |

10. Já procurou algum produto e estava em falta? Se sim, qual? *

11. Sugestões

APÊNDICE B – COMPARATIVO DE PREÇOS

Neste apêndice foram tabulados os preços dos produtos obtidos em pesquisa de comparação de preços, realizada em visita *in loco*.

COMPARATIVO DE PREÇOS (consulta em 14/05/21)				
Produtos	IFMG	Estabelecimento 1	Estabelecimento 2	Estabelecimento 3
DOCE DE LEITE CREMOSO (kg)	R\$ 16,00	Coopatos R\$33,30	Tozzi R\$18,97	EM FALTA
		Curral de Minas R\$28,30	Triângulo R\$13,06	
		Maitá R\$11,13		
IOGURTE (1L)	R\$ 8,00	Nestle R\$13,28	Nestle R\$13,32	Itambé R\$11,67
		Itambé R\$10,83	Itambé R\$12,61	Danone R\$10,59
		Danone R\$10,58	Trevinho R\$8,61	Paulista R\$9,40
		Trevinho R\$8,32	Vó Lola R\$6,65	Trevinho R\$8,67
		Vó Lola 7,20		Pulsi R\$7,42
LEITE TIPO C INTEGRAL (1L)	R\$ 3,00	Vialact R\$3,89	EM FALTA	EM FALTA
MANTEIGA EXTRA COMSAL (kg)	R\$ 25,00	Relíquia da Canastra R\$ 51,88	Itambé R\$52,70	Relíquia da Canastra R\$49,60
		Itambé R\$51,80		Curral de Minas R\$45,80
		Curral de Minas R\$43,90		D'Nata R\$ 33,60
		Coopatos R\$35,90		
		Scala R\$39,90		
QUEIJO MINAS FRESCAL (kg)	R\$ 30,00	EM FALTA	Curral de Minas R\$21,45	EM FALTA
QUEIJO MINAS PADRAO (kg)	R\$ 30,00	Curral de Minas R\$46,95	EM FALTA	Curral de Minas R\$55,00
		Vialat R\$38,90		Coopatos R\$41,90
				Vialat R\$39,90
QUEIJO MUSSARELA BARRA (kg)	R\$ 34,00	Coopatos R\$34,90	Abaeté R\$35,90	Vialat R\$39,90
				Dubom R\$35,50
				Pioneira R\$25,99
QUEIJO PARMESAO (kg)	R\$ 35,00	Dubom R\$59,90	Dubom R\$53,99	Coopatos R\$76,90
				Curral de Minas R\$63,80
QUEIJO PRATO (kg)	R\$ 30,00	Curral de Minas R\$48,95	Curral de Minas R\$54,95	Curral de Minas R\$51,50
QUEIJO PROVOLONE (kg)	R\$ 38,00	Dubom R\$39,95	Dubom R\$48,99	Curral de Minas R\$55,90
				Dubom R\$44,90
REQUEIJAO (kg)	R\$ 30,00	Curral de Minas R\$43,95	Dana R\$41,99	Nugovita R\$ 59,60
		Vó Lola R\$34,95	Vó Lola R\$34,99	Coopatos R\$55,80
RICOTA (kg)	R\$ 13,00	Curral de Minas R\$19,45	EM FALTA	Curral de Minas R\$20,25
				Coopatos R\$12,38

APÊNDICE C – CÁLCULOS DOS CUSTOS FIXOS

Neste apêndice são demonstrados os cálculos (R\$ mês⁻¹) do consumo de mão de obra fixa, manutenção dos equipamentos, energia geral e materiais de expediente.

Mão de obra	
	Valor (R\$)
Remuneração do funcionário 1	R\$ 3.407,59
Remuneração do funcionário 2	R\$ 3.152,02
Remuneração do funcionário 3	R\$ 5.272,02
TOTAL DE MÃO DE OBRA	R\$ 11.831,63

Manutenção	
	Valor (R\$)
Prestador de serviço 1	R\$ 1.000,00
Prestador de serviço 2	R\$ 600,00
TOTAL MANUTENÇÃO MENSAL	R\$ 1.600,00

Energia					
Itens	Potência (kW)	Qnt	Tempo (horas por mês)	Energia (KWh mês)	Preço* (kWh mensal)
Lâmpada tubular fluorescente	0,02	12	20,00	4,80	R\$ 1,90
Bomba d'água	0,55	3	80,00	132,00	R\$ 52,22
Balança digital comercial	0,01	2	10,00	0,12	R\$ 0,05
Câmara fria (freon)	2,98	3	80,00	715,20	R\$ 282,93
Freezer	0,13	1	480,00	62,40	R\$ 24,69
Centrífuga butirometro	0,48	1	1,66	0,80	R\$ 0,32
Impressora a laser marca xerox	0,02	1	0,75	0,01	R\$ 0,00
Computador desktop Hp	0,10	1	40,00	4,00	R\$ 1,58
Telefone sem fio	0,00	1	480,00	1,44	R\$ 0,57
TOTAL ENERGIA MENSAL					R\$ 364,26

*Valor kWh (HFP) = R\$ 0,3956

Materiais de expediente		
Produto	Preço unitário	Total do gasto mensal
Ácido sulfúrico 1 litro (usa 10 ml / dia)	R\$ 50,00	R\$ 10,00
Alcool etílico 99,5 l litro	R\$ 8,00	R\$ 24,00
Alizarol 1 litro (usa 5 ml / dia)	R\$ 24,30	R\$ 2,43
Caneta esferográfica preta	R\$ 0,44	R\$ 0,44
Caneta esferográfica vermelha	R\$ 0,44	R\$ 0,44
Detergente neutro concentrado 5 litros	R\$ 18,99	R\$ 75,96
Esponja	R\$ 0,35	R\$ 7,00
Hipoclorito de sódio 60 litros	R\$ 384,60	R\$ 76,92
Palha de aço	R\$ 0,67	R\$ 1,34
Pano de chão	R\$ 3,97	R\$ 19,85
Papel A4	R\$ 16,37	R\$ 8,19
Papel higiênico	R\$ 3,33	R\$ 13,32
Papel toalha	R\$ 7,90	R\$ 31,60
Pá em aço inox para mexer queijo	R\$ 350,00	R\$ 29,17
Ribbon misto para impressão de rótulos	R\$ 68,00	R\$ 68,00
Rodo	R\$ 4,87	R\$ 4,87
Saco Plástico 20 x 40 cm pct com 1000un	R\$ 54,00	R\$ 18,00
Saco Plástico 30 x 40 cm pct com 1000un	R\$ 80,00	R\$ 40,00
Saco para lixo 100l pct com 100un	R\$ 28,39	R\$ 7,10
Soda Caustica 1kg	R\$ 10,00	R\$ 50,00
Solução Dornic 1000 ml	R\$ 8,20	R\$ 1,37
Vassoura de piaçava especial	R\$ 12,20	R\$ 12,20
Cloro líquido	R\$ 23,07	R\$ 69,21
Termômetro	R\$ 37,49	R\$ 37,49
Ácido Nítrico 50 litros	R\$ 300,00	R\$ 75,00
TOTAL MATERIAIS DE EXPEDIENTE MENSAL		R\$ 683,89

APÊNDICE D – CÁLCULOS DO CONSUMO DE ENERGIA

Neste apêndice são demonstrados os cálculos (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹) do consumo de energia para fabricação de cada produto. Foram descritos os equipamentos utilizados na fabricação de cada produto, bem como o seu tempo de utilização e o preço pago pelo kW por minuto.

Doce de leite			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Pá Tacho	180	R\$ 0,009705	R\$ 1,746970
Sugador vapor do tacho	180	R\$ 0,002426	R\$ 0,436742
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 2,183712
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,043674

Iogurte			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Fermenteira	240	R\$ 0,002426	R\$ 0,582323
Bomba de resfriamento	5	R\$ 0,000069	R\$ 0,000347
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,582670
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,003884

Leite Tipo C			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Pasteurizador	0,0667	0,013345	0,000890
Envase	0,0667	R\$ 0,000589	0,000039
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,000929

Manteiga			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Desnatadeira	10	R\$ 0,002456	R\$ 0,024560
Batedeira de manteiga	30	R\$ 0,002426	R\$ 0,072790
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,097351
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,001217

Requeijão			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Bomba água p/ tanque	5	R\$ 0,024263	R\$ 0,121317
Pá Tacho	20	R\$ 0,009705	R\$ 0,194108
sugador vapor do tacho	20	R\$ 0,002426	R\$ 0,048527
Embaladora à vacuo	36	0,000923	R\$ 0,033230
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,242635
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,006066

Queijo Muçarela			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Pasteurizador	27	R\$ 0,013345	R\$ 0,360312
Bomba água p/ tanque	5	R\$ 0,024263	R\$ 0,121317
Filador	3	R\$ 0,002176	R\$ 0,006527
Embaladora à vacuo	22	0,000923	R\$ 0,020307
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,488157
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,010848

Queijo Minas Frescal			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Pasteurizador	27	R\$ 0,013345	R\$ 0,360312
Bomba água p/ tanque	5	R\$ 0,024263	R\$ 0,121317
Embaladora à vacuo	28	0,000923	R\$ 0,025846
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,481630
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,009633

Queijo Minas Padrão			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Pasteurizador	27	R\$ 0,013345	R\$ 0,360312
Bomba água p/ tanque	5	R\$ 0,024263	R\$ 0,121317
Embaladora à vacuo	22	0,000923	R\$ 0,020307
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,481630
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,010703

Queijo Prato			
Equipamento	Tempo	Preço (kw por min)	Total
Pasteurizador	27	R\$ 0,013345	R\$ 0,360312
Bomba água p/ tanque	5	R\$ 0,024263	R\$ 0,121317
Embaladora à vacuo	18	0,000923	R\$ 0,016615
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,481630
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,010703

Queijo Provolone			
Equipamento	Tempo	Preço (kw por min)	Total
Pasteurizador	27	R\$ 0,013345	R\$ 0,360312
Bomba água p/ tanque	5	R\$ 0,024263	R\$ 0,121317
Embaladora à vacuo	22	0,000923	R\$ 0,020307
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,481630
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,010703

Queijo Parmesão			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Pasteurizador	27	R\$ 0,013345	R\$ 0,360312
Bomba água p/ tanque	5	R\$ 0,024263	R\$ 0,121317
Embaladora à vacuo	22	0,000923	R\$ 0,020307
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,481630
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,010703

Ricota			
Equipamento	Tempo (min)	Preço (kw por min)	Total
Bomba água p/ tanque	5	R\$ 0,024263	R\$ 0,121317
pasteurizador	2,67	0,013345	R\$ 0,035631
Embaladora à vacuo	14	0,000923	R\$ 0,012923
TOTAL PRODUÇÃO			R\$ 0,156948
PREÇO UNITÁRIO			R\$ 0,006824

APÊNDICE E – CÁLCULOS DO CONSUMO DE MATÉRIA-PRIMA

Neste apêndice são demonstrados os cálculos (R\$ kg⁻¹ ou R\$ L⁻¹) do consumo de matéria-prima por produto. Foram descritos os insumos, quantidades necessárias e preços por produtos.

Doce de leite			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	100	R\$ 1,15	R\$ 115,00
bicarbonato (g)	50	R\$ 0,0070	R\$ 0,35
açúcar (kg)	15	R\$ 1,60	R\$ 24,00
pote plástico (un)	50	R\$ 1,20	R\$ 60,00
rótulo (un)	50	R\$ 0,39	R\$ 19,40
SOMA			R\$ 218,75
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 4,38

Requeijão			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	400	R\$ 1,15	R\$ 460,00
citrato de sódio (g)	80	R\$ 0,06	R\$ 4,84
cloreto de sódio (g)	800	R\$ 0,0008	R\$ 0,63
embalagem termo	40	R\$ 0,58	R\$ 23,27
rótulo	40	R\$ 0,39	R\$ 15,60
TOTAL			R\$ 504,34
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 12,61

Queijo Prato			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	450	1,15	R\$ 517,50
fermento mesofílico	6,75	R\$ 0,83	R\$ 5,63
cloreto de cálcio (ml)	180	R\$ 0,0026	R\$ 0,47
coalho (g)	14	R\$ 0,68	R\$ 9,15
sal (kg)	4,5	R\$ 0,97	R\$ 4,35
corante (ml)	20	0,028	R\$ 0,56
embalagem termo	45	R\$ 0,58	R\$ 26,18
rótulo	45	R\$ 0,39	R\$ 17,55
TOTAL			R\$ 581,39
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 12,92

Iogurte			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	150	R\$ 1,15	R\$ 172,50
açúcar (kg)	15	R\$ 1,60	R\$ 24,00
fermento termofílico kg	1,5	R\$ 0,83	R\$ 1,25
sorbato de potássio (g)	40	R\$ 0,05	R\$ 2,18
polpas (L)	10,5	R\$ 10,64	R\$ 111,72
garrafa	150	R\$ 0,90	R\$ 135,00
rótulo	150	R\$ 0,39	R\$ 58,50
TOTAL			R\$ 505,15
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 3,37

Queijo Muçarela			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	450	R\$ 1,15	R\$ 517,50
fermento mesofílico	6,75	R\$ 0,83	R\$ 5,63
cloreto de cálcio (ml)	180	R\$ 0,0026	R\$ 0,47
coalho (g)	13,5	R\$ 0,68	R\$ 9,15
sal (kg)	4,5	R\$ 0,97	R\$ 4,35
embalagem termo	45	R\$ 0,58	R\$ 26,18
rótulo	45	R\$ 0,39	R\$ 17,55
TOTAL			R\$ 580,83
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 12,91

Queijo Provolone			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	450	1,15	R\$ 517,50
fermento mesofílico	6,75	R\$ 0,83	R\$ 5,63
cloreto de cálcio (ml)	180	R\$ 0,0026	R\$ 0,47
coalho (g)	13,5	R\$ 0,68	R\$ 9,15
sal	4,5	R\$ 0,97	R\$ 4,35
embalagem termo	45	R\$ 0,58	R\$ 26,18
rótulo	45	R\$ 0,39	R\$ 17,55
TOTAL			R\$ 580,83
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 12,91

Leite Tipo C			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	1	R\$ 1,15	R\$ 1,15
saco plástico	1	R\$ 0,15	R\$ 0,15
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 1,30

Queijo Minas Frescal			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	450	R\$ 1,15	R\$ 517,50
fermento mesofílico	6,75	R\$ 0,83	R\$ 5,63
cloreto de cálcio (ml)	180	R\$ 0,0026	R\$ 0,47
coalho (g)	13,5	R\$ 0,68	R\$ 9,15
cloreto de sódio	9	R\$ 0,0008	R\$ 0,01
embalagem termo	50	R\$ 0,58	R\$ 29,09
rótulo	50	R\$ 0,39	R\$ 19,50
TOTAL			R\$ 581,35
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 11,63

Queijo Parmesão			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	450	1,15	R\$ 517,50
fermento mesofílico	6,75	R\$ 0,83	R\$ 5,63
cloreto de cálcio (ml)	180	R\$ 0,0026	R\$ 0,47
coalho (g)	13,5	R\$ 0,68	R\$ 9,15
sal	4,5	R\$ 0,97	R\$ 4,35
embalagem termo	45	R\$ 0,58	R\$ 26,18
rótulo	45	R\$ 0,39	R\$ 17,55
TOTAL			R\$ 580,83
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 12,91

Manteiga			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
creme de leite (L)	75	R\$ 10,00	R\$ 750,00
sal (kg)	2,25	R\$ 0,97	R\$ 2,18
pote plástico	80	R\$ 1,20	R\$ 96,00
rótulo	80	R\$ 0,39	R\$ 31,20
TOTAL			R\$ 879,38
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 10,99

Queijo Minas Padrão			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
Leite (L)	450	R\$ 1,15	R\$ 517,50
fermento mesofílico	6,75	R\$ 0,83	R\$ 5,63
cloreto de cálcio (ml)	180	R\$ 0,00	R\$ 0,47
coalho (g)	13,5	R\$ 0,68	R\$ 9,15
sal	4,5	R\$ 0,97	R\$ 4,35
embalagem termo	45	R\$ 0,58	R\$ 26,18
rótulo	45	R\$ 0,39	R\$ 17,55
TOTAL			R\$ 580,83
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 12,91

Ricota			
Ingredientes	Qnt	Preço	Custo
soro (L)	400		R\$ -
Leite (L)	40	1,15	R\$ 46,00
ácido láctico (ml)	200	0,03	R\$ 6,00
embalagem termo	23	R\$ 0,58	R\$ 13,38
rótulo	23	R\$ 0,39	R\$ 8,97
TOTAL			R\$ 74,35
CUSTO UNITÁRIO			R\$ 3,23

APÊNDICE F – RELATÓRIOS DE SENSIBILIDADE

Neste apêndice são apresentados os relatórios de sensibilidade gerados para cada cenário resolvido pelo Excel Solver®.

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Sensibilidade

Planilha: [Modelo 13.xlsx]Cenário 1 - sem restrição de quantidade

Relatório Criado: 03/06/2021 15:38:53

Células Variáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$G\$4	DOCE DE LEITE CREMOSO Qnt	5810,70	0,00	8,00	5,75	1,11
\$G\$5	IOGURTE 1000ML Qnt	0,00	-0,37	2,30	0,37	1E+30
\$G\$6	LEITE PASTEURIZADO TIPO C Qnt	0,00	-1,72	0,95	1,72	1E+30
\$G\$7	MANTEIGA EXTRA COM SAL Qnt	0,00	-51,42	11,09	51,42	1E+30
\$G\$8	QUEIJO MINAS FRESCAL Qnt	0,00	-15,45	8,55	15,45	1E+30
\$G\$9	QUEIJO MINAS PADRAO Qnt	0,00	-18,37	8,30	18,37	1E+30
\$G\$10	QUEIJO MUSSARELA BARRA Qnt	0,00	-18,46	7,44	18,46	1E+30
\$G\$11	QUEIJO PARMESAO Qnt	0,00	-10,76	15,91	10,76	1E+30
\$G\$12	QUEIJO PRATO Qnt	0,00	-18,45	8,22	18,45	1E+30
\$G\$13	QUEIJO PROVOLONE Qnt	0,00	-13,26	13,41	13,26	1E+30
\$G\$14	REQUEIJAO Qnt	0,00	-17,62	9,06	17,62	1E+30
\$G\$15	RICOTA Qnt	0,00	0,00	7,97	79,94	3,33

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$D\$18	Função de restrição tempo méd	14294,32	0,00	30720,00	1E+30	16425,68
\$D\$19	Função de restrição de leite méd	17432,10	2,67	17432,10	20031,31	17432,10
\$G\$15	RICOTA Qnt	0,00	3,33	0,00	10023,46	0,00

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Sensibilidade

Planilha: [Modelo 13.xlsx]Cenário 2 - com restrição de venda mínima

Relatório Criado: 03/06/2021 15:39:05

Células Variáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$K\$4	DOCE DE LEITE CREMOSO Qnt	3778,92	0,00	8,00	5,75	1,11
\$K\$5	IOGURTE 1000ML Qnt	664,00	-0,37	2,30	0,37	1E+30
\$K\$6	LEITE PASTEURIZADO TIPO C Qnt	2027,00	-1,72	0,95	1,72	1E+30
\$K\$7	MANTEIGA EXTRA COM SAL Qnt	17,64	-51,42	11,09	51,42	1E+30
\$K\$8	QUEIJO MINAS FRESCAL Qnt	148,01	-15,45	8,55	15,45	1E+30
\$K\$9	QUEIJO MINAS PADRAO Qnt	28,56	-18,37	8,30	18,37	1E+30
\$K\$10	QUEIJO MUSSARELA BARRA Qnt	79,92	-18,46	7,44	18,46	1E+30
\$K\$11	QUEIJO PARMESAO Qnt	2,26	-10,76	15,91	10,76	1E+30
\$K\$12	QUEIJO PRATO Qnt	8,52	-18,45	8,22	18,45	1E+30
\$K\$13	QUEIJO PROVOLONE Qnt	4,08	-13,26	13,41	13,26	1E+30
\$K\$14	REQUEIJAO Qnt	39,33	-17,62	9,06	17,62	1E+30
\$K\$15	RICOTA Qnt	18,46	0,00	7,97	79,94	3,33

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$K\$15	RICOTA Qnt	18,46	3,33	0,00	6272,68	18,46
	Função de restrição de leite mão de obra produção					
\$C\$21	(min)	17432,10	2,67	17432,10	24537,65	10909,00
	Função de restrição tempo Mão-de-obra produção					
\$C\$20	(min)	10599,12	0,00	30720,00	1E+30	20120,88

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Sensibilidade

Planilha: [Modelo 13.xlsx]Cenário 3 - com restrição de venda mín e máx

Relatório Criado: 03/06/2021 15:40:06

Células Variáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$L\$4	DOCE DE LEITE CREMOSO Qnt	247,77	8,00	8,00	1E+30	8,00
\$L\$5	IOGURTE 1000ML Qnt	1082,00	2,30	2,30	1E+30	2,30
\$L\$6	LEITE PASTEURIZADO TIPO C Qnt	2744,00	0,95	0,95	1E+30	0,95
\$L\$7	MANTEIGA EXTRA COM SAL Qnt	99,30	11,09	11,09	1E+30	11,09
\$L\$8	QUEIJO MINAS FRESCAL Qnt	190,36	8,55	8,55	1E+30	8,55
\$L\$9	QUEIJO MINAS PADRAO Qnt	84,18	8,30	8,30	1E+30	8,30
\$L\$10	QUEIJO MUSSARELA BARRA Qnt	113,46	9,28	7,44	1E+30	9,28
\$L\$11	QUEIJO PARMESAO Qnt	11,22	15,91	15,91	1E+30	15,91
\$L\$12	QUEIJO PRATO Qnt	35,90	8,22	8,22	1E+30	8,22
\$L\$13	QUEIJO PROVOLONE Qnt	31,78	13,41	13,41	1E+30	13,41
\$L\$14	REQUEIJAO Qnt	98,90	9,06	9,06	1E+30	9,06
\$L\$15	RICOTA Qnt	26,20	0,00	7,97	1E+30	7,97

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$C\$20	Função de restrição tempo Venda Máx mensal	2952,89	0,00	30720,00	1E+30	27767,11
\$C\$21	Função de restrição de leite Venda Máx mensal	12409,86	0,00	17432,10	1E+30	5022,24
\$L\$15	RICOTA Qnt	26,20	7,97	0,00	53,54	26,20

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Sensibilidade

Planilha: [Modelo 13.xlsx]Cenário 4 - com restrição de venda mín e máx +10%

Relatório Criado: 03/06/2021 15:40:36

Células Variáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$L\$4	DOCE DE LEITE CREMOSO Qnt	272,55	8,00	8,00	1E+30	8,00
\$L\$5	IOGURTE 1000ML Qnt	1190,20	2,30	2,30	1E+30	2,30
\$L\$6	LEITE PASTEURIZADO TIPO C Qnt	3018,40	0,95	0,95	1E+30	0,95
\$L\$7	MANTEIGA EXTRA COM SAL Qnt	109,23	11,09	11,09	1E+30	11,09
\$L\$8	QUEIJO MINAS FRESCAL Qnt	209,40	8,55	8,55	1E+30	8,55
\$L\$9	QUEIJO MINAS PADRAO Qnt	92,60	8,30	8,30	1E+30	8,30
\$L\$10	QUEIJO MUSSARELA BARRA Qnt	124,81	9,28	7,44	1E+30	9,28
\$L\$11	QUEIJO PARMESAO Qnt	12,34	15,91	15,91	1E+30	15,91
\$L\$12	QUEIJO PRATO Qnt	39,49	8,22	8,22	1E+30	8,22
\$L\$13	QUEIJO PROVOLONE Qnt	34,96	13,41	13,41	1E+30	13,41
\$L\$14	REQUEIJAO Qnt	108,79	9,06	9,06	1E+30	9,06
\$L\$15	RICOTA Qnt	28,82	0,00	7,97	1E+30	7,97

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$C\$20	Função de restrição tempo Venda Máx mensal + 10%	3248,174	0,000	30720,000	1E+30	27471,826
\$C\$21	Função de restrição de leite Venda Máx mensal + 10%	13650,851	0,000	17432,100	1E+30	3781,249
\$L\$15	RICOTA Qnt	28,824	7,970	0,000	58,890	28,824

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Sensibilidade

Planilha: [Modelo 13.xlsx]Cenário 5 -com restrição de venda mín e máx + 20%

Relatório Criado: 03/06/2021 15:40:58

Células Variáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$L\$4	DOCE DE LEITE CREMOSO Qnt	297,32	8,00	8,00	1E+30	8,00
\$L\$5	IOGURTE 1000ML Qnt	1298,40	2,30	2,30	1E+30	2,30
\$L\$6	LEITE PASTEURIZADO TIPO C Qnt	3292,80	0,95	0,95	1E+30	0,95
\$L\$7	MANTEIGA EXTRA COM SAL Qnt	119,16	11,09	11,09	1E+30	11,09
\$L\$8	QUEIJO MINAS FRESCAL Qnt	228,43	8,55	8,55	1E+30	8,55
\$L\$9	QUEIJO MINAS PADRAO Qnt	101,02	8,30	8,30	1E+30	8,30
\$L\$10	QUEIJO MUSSARELA BARRA Qnt	136,15	9,28	7,44	1E+30	9,28
\$L\$11	QUEIJO PARMESAO Qnt	13,46	15,91	15,91	1E+30	15,91
\$L\$12	QUEIJO PRATO Qnt	43,08	8,22	8,22	1E+30	8,22
\$L\$13	QUEIJO PROVOLONE Qnt	38,14	13,41	13,41	1E+30	13,41
\$L\$14	REQUEIJAO Qnt	118,68	9,06	9,06	1E+30	9,06
\$L\$15	RICOTA Qnt	31,44	0,00	7,97	1E+30	7,97

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$C\$20	Função de restrição tempo Venda Máx mensal + 20%	3543,46	0,00	30720,00	1E+30	27176,54
\$C\$21	Função de restrição de leite Venda Máx mensal + 20%	14891,84	0,00	17432,10	1E+30	2540,26
\$L\$15	RICOTA Qnt	31,44	7,97	0,00	64,24	31,44

Microsoft Excel 16.0 Relatório de Sensibilidade

Planilha: [Modelo 13.xlsx]Cenário 6 - com restrição de venda mín e máx + 30%

Relatório Criado: 03/06/2021 15:41:09

Células Variáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$L\$4	DOCE DE LEITE CREMOSO Qnt	322,10	8,00	8,00	1E+30	8,00
\$L\$5	IOGURTE 1000ML Qnt	1406,60	2,30	2,30	1E+30	2,30
\$L\$6	LEITE PASTEURIZADO TIPO C Qnt	3567,20	0,95	0,95	1E+30	0,95
\$L\$7	MANTEIGA EXTRA COM SAL Qnt	129,09	11,09	11,09	1E+30	11,09
\$L\$8	QUEIJO MINAS FRESCAL Qnt	247,47	8,55	8,55	1E+30	8,55
\$L\$9	QUEIJO MINAS PADRAO Qnt	109,43	8,30	8,30	1E+30	8,30
\$L\$10	QUEIJO MUSSARELA BARRA Qnt	147,50	9,28	7,44	1E+30	9,28
\$L\$11	QUEIJO PARMESAO Qnt	14,59	15,91	15,91	1E+30	15,91
\$L\$12	QUEIJO PRATO Qnt	46,67	8,22	8,22	1E+30	8,22
\$L\$13	QUEIJO PROVOLONE Qnt	41,31	13,41	13,41	1E+30	13,41
\$L\$14	REQUEIJAO Qnt	128,57	9,06	9,06	1E+30	9,06
\$L\$15	RICOTA Qnt	34,06	0,00	7,97	1E+30	7,97

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$L\$15	RICOTA Qnt	34,06	7,97	0,00	69,60	34,06
\$C\$21	Função de restrição de leite Venda Máx mensal + 30%	16132,82	0,00	17432,10	1E+30	1299,28
\$C\$20	Função de restrição tempo Venda Máx mensal + 30%	3838,75	0,00	30720,00	1E+30	26881,25