



PROJETO DE GRADUAÇÃO

PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA DE CÁLCULO DE LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES

Por,
Igor Amaral Queiroz

Brasília, Dezembro de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia

Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA DE
CÁLCULO DE LOTE ECONÔMICO DE
FABRICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
REFRIGERANTES**

POR,

Igor Amaral Queiroz

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Dr. Sanderson César M. Barbalho (Orientador)

Prof. Dr. Sérgio Ronaldo Granemann

Brasília, dezembro de 2016

RESUMO

Muitas empresas que fabricam produtos enfrentam problemas na determinação do tamanho do lote a ser fabricado, tendo que arcar prejuízos relativos à excesso e obsolescência de produtos, ou então não ofertando o que é demandado e correr o risco de perder o cliente. Neste cenário, o Lote Econômico de Fabricação visa otimizar os custos de se fabricar e estocar produtos, de acordo com previsões de demanda com boa acurácia. Este método foi aplicado na empresa Brasal Refrigerantes para quatro refrigerantes, e levou em conta outras variáveis além das que são delimitadas pelo método, como a data de validade dos refrigerantes estudados. Os resultados foram os lotes econômicos para cada item, bem como uma proposta de cálculo de lotes econômicos, acompanhado de um algoritmo para a sua aplicação, focados em indústrias que fabricam produtos com datas de validades pequenas.

Palavras-chave: Lote Econômico de Fabricação; Data de Validade; Algoritmo.

ABSTRACT

Many companies that manufacture products face problems in determining the size of the batch to be manufactured, having to bear losses related to the excess and obsolescence of products, or else not offering what is demanded and taking the risk of losing the customer. In this scenario, the Economic Production Quantity aims to optimize the costs of manufacturing and stocking products, according to demand forecasts with good accuracy. This method was applied to the company Brasal Refrigerantes over four diferente soft drinks, and considered variables other than those that are delimited by the method, such as the expiration date of the soft drinks studied. The results were the economical production quantities for each item, as well as an economical batch analysis algorithm (with its calculation details) for industries that manufacture products with small expiration dates.

Keywords: EconomicProductionQunatity; Expiration Date; Algorithm.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Market Share de Bebidas no Brasil.....	1
Figura 2 - Classificação da Pesquisa Científica	5
Figura 3 - Níveis de Planejamento	8
Figura 4 - Sistemas Produtivos de Interação com a Demanda	12
Figura 5 - Curva ABC	18
Figura 6 - Modelo de Gestão de Estoques Sem Faltas.....	21
Figura 7 - Curva de Custo Mínimo do Lote Econômico de Compras	22
Figura 8 - Modelo de Reabastecimento Gradual de estoque utilizando o LEF	23
Figura 9 - Custeio por Absorção.....	25
Figura 10 - Custeio ABC	26
Figura 11 - Curva ABC dos Itens Fabricados na Empresa.....	31
Figura 12- Custos de Preparação da Fabricação.....	34
Figura 13 - Dados por Área Funcional	35
Figura 14 - Processos que necessitam de CIP	38
Figura 15 - Tempo de Setup do Refrigerante 1	42
Figura 16 - Tempo de Setup do Refrigerante 2	43
Figura 17 - Tempo de Setup do Refrigerante 3	43
Figura 18 - Tempo de Setup do Refrigerante 4	44
Figura 19 - Composição do Custo Fixo de Estoque	49
Figura 20 - Composição do Custo de Ativos de Estoque	50
Figura 21 - Resultados dos Custos de Estoque por Segmentos	51
Figura 22 - Custos Totais do Refrigerante 1.....	56
Figura 23 - Custos Totais do Refrigerante 2.....	59
Figura 24 - Custos Totais do Refrigerante 3.....	61
Figura 25 - Custos Totais do Refrigerante 4.....	63
Figura 26 - Algoritmo de Lotes Econômicos para Indústria de Refrigerantes ..	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de Segurança.....	16
Tabela 2 - SKUs Escolhidos.....	32
Tabela 3 - Custos com Gás Carbônico Desperdiçado (CO2).....	37
Tabela 4 – Custos com Bebida Desperdiçada	38
Tabela 5 – Custos com Detergente.....	39
Tabela 6 - Preço e Quantidade Médios de óleo para vapor	40
Tabela 7 - Custos com Óleo para Vapor	40
Tabela 8 - Custos com Água Usada na Preparação	41
Tabela 9 - Custos com Energia Elétrica por Preparação	45
Tabela 10 - Custo de Mão de Obra Durante a Preparação.....	45
Tabela 11 - Custos totais de preparação	46
Tabela 12 - Custos Unitários de Estoque.....	51
Tabela 13 - Previsão de Demanda dos SKUs.....	52
Tabela 14 - Taxas de consumo e fabricação.....	54
Tabela 15 - Percentual de Entregas por Tipos de Clientes.....	55
Tabela 16 - Resultado Financeiro do LEF para o Refrigerante 1	57
Tabela 17 - Resultado Financeiro do Lote Atual para o Refrigerante 1.....	58
Tabela 18 - Resultado Financeiro do LEF para o Refrigerante 2	60
Tabela 19 - Resultado Financeiro do Lote Atual para o Refrigerante 2.....	60
Tabela 20 - Resultado Financeiro do LEF para o Refrigerante 3	62
Tabela 21 - Resultado Financeiro do Lote Atual para o Refrigerante 3.....	62
Tabela 22 - Resultado Financeiro do LEF para o Refrigerante 4	64
Tabela 23 - Resultado Financeiro do Lote Atual para o Refrigerante 4.....	64
Tabela 24 - Resultado Financeiro do Lote Alternativo para o Refrigerante 1 ...	67
Tabela 25 - Resultado Financeiro do Lote Alternativo para o Refrigerante 2 ...	68
Tabela 26 - Resultado Financeiro do Lote Alternativo para o Refrigerante 3 ...	68
Tabela 27 - Resultado Financeiro do Lote Alternativo para o Refrigerante 4 ...	69
Tabela 28 - Comparativo de Resultados	70
Tabela 29 - Análise Final dos Lotes Econômicos.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –Passo a Passo da Curva ABC.....	17
Quadro 2 –Atividades Para Custeio ABC	48
Quadro 3–Custos Fixos, Variáveis e Ativos	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	3
1.5 MÉTODO DE PESQUISA	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	7
2.1.1 CONCEITO	7
2.1.2 ATIVIDADES DO PCP	8
2.1.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS QUANTO À INTERAÇÃO COM A DEMANDA	10
2.2 GESTÃO DE ESTOQUES	13
2.2.1 CONCEITO	13
2.2.2 TIPOS DE ESTOQUE.....	13
2.2.3 CLASSIFICAÇÃO ABC	16
2.2.4 CUSTOS DE ESTOQUE	18
2.2.5 MODELO DE PONTO DE REPOSIÇÃO POR MEIO DO LOTE ECONÔMICO DE COMPRAS (LEC)	20
2.2.6 MODELO DE PONTO DE REPOSIÇÃO POR MEIO DO LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO (LEF)	22
2.2.7 LIMITAÇÕES DO MODELO DE LOTE ECONÔMICO	24
2.3 MÉTODOS DE CUSTEIO	25
2.3.1 CUSTEIO POR ABSORÇÃO	25
2.3.2 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES.....	25
2.4 PESQUISAS ACERCA DA APLICAÇÃO DO LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO	27
2.4.1 O CASO DA INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS	27
2.4.2 O CASO DA EMPRESA DE FERRAGENS E PRODUTOS METALÚRGICOS DE PEQUENO PORTE.....	28
3. ESTUDO DE CASO	30
3.1 POLÍTICA DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO DA EMPRESA	30
3.2 CLASSIFICAÇÃO ABC DOS ITENS FABRICADOS	30
3.3 ESCOLHA DOS SKUs PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO	31
3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA A ANÁLISE	33
3.4.1 CUSTOS DE PREPARAÇÃO DA FABRICAÇÃO	33

3.4.1.1 MATÉRIAS PRIMAS	36
3.4.1.1.1 GÁS CARBÔNICO (CO2)	36
3.4.1.1.2 BEBIDAS.....	37
3.4.1.1.3 DETERGENTE LCC.....	38
3.4.1.1.4 ÓLEO PARA VAPOR.....	39
3.4.1.2 SERVIÇOS PÚBLICOS	40
3.4.1.2.1 ÁGUA	41
3.4.1.2.2 ENERGIA ELÉTRICA	42
3.4.1.3 MÃO DE OBRA	45
3.4.1.4 CONSOLIDAÇÃO DOS CUSTOS DE PREPARAÇÃO DA FABRICAÇÃO	46
3.4.2 CUSTO UNITÁRIO DE ARMAZENAGEM.....	47
3.4.2.1 MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES DO ESTOQUE DE ACABADOS.....	47
3.4.2.2 DEFINIÇÃO DOS DIRECIONADORES DE RECURSOS PARA ATIVIDADES.	48
3.4.2.3 CONSOLIDAÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO DE ARMAZENAGEM.....	50
3.4.3 DEMANDA MÉDIA E PRAZO DE VALIDADE	52
3.4.4 ESTOQUES DE SEGURANÇA	53
3.4.5 TAXAS DE CONSUMO E TAXAS DE FABRICAÇÃO	54
3.4.6 VALIDADE E PERFIL DE COMPRA DE CADA SKU	54
4. RESULTADOS	56
4.1 REFRIGERANTE 1	56
4.2 REFRIGERANTE 2	58
4.3 REFRIGERANTE 3	61
4.4 REFRIGERANTE 4	63
5. PROPOSTA DE CÁLCULO DO LEF CONSIDERANDO AS CONTIGÊNCIAS DA EMPRESA – UM LOTE ECONÔMICO ALTERNATIVO (LEA)	65
5.1 ANÁLISE FINAL DE VIABILIDADE ECONÔMICA DOS LOTES E CONSOLIDAÇÃO DOS GANHOS FINANCEIROS	69
5.2 ALGORITMO DE ANÁLISE DE LOTES ECONÔMICOS EM INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES.....	72
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
APÊNDICE A – Simulação de Custos Totais para o Refrigerante 1.....	78
APÊNDICE B – Simulação de Custos Totais para o Refrigerante 2.....	79
APÊNDICE C – Simulação de Custos Totais para o Refrigerante 3.....	80
APÊNDICE D – Simulação de Custos Totais para o Refrigerante 4.....	81

1. INTRODUÇÃO

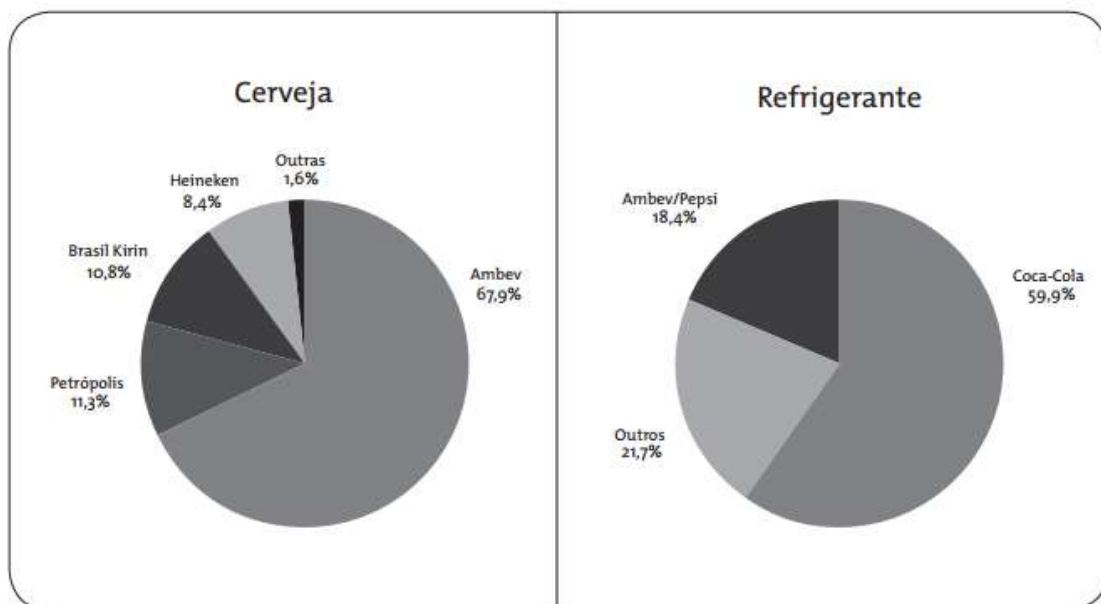
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A Brasal Refrigerantes é concessionária e fabricante Coca-Cola desde 1989. Com sede na cidade-satélite de Taguatinga (DF), a empresa fabrica, comercializa e distribui os produtos da marca *The Coca-Cola Company*.

Constam no portfólio da Brasal: refrigerantes, sucos, chás, águas, cervejas, isotônicos, *post mix*, dentre outros, que são distribuídos nas regiões sudeste e nordeste de Goiás, noroeste de Minas e sul do Tocantins. Além da fábrica em Taguatinga (DF), tem cinco filiais – Centros de Distribuição (CD) – localizadas nas cidades goianas de Catalão, Formosa, Campos Belos, Simolândia, e na cidade mineira de Unai.

De acordo com um recente estudo de Cervieri Júnior et al (2014) (figura 1), o Market Share de refrigerantes da Coca-Cola no Brasil representa aproximadamente 60% do mercado, o que reflete diretamente na demanda pelos produtos fabricados na Brasal Refrigerantes.

Figura 1 - Market Share de Bebidas no Brasil



Fonte: Cervieri Júnior, Teixeira Júnior e Galinari (2014)

Isto posto, existem diversas situações encontradas no dia a dia que podem atrapalhar a eficiência no atendimento à demanda por produtos da Brasal Refrigerantes, seja relativo ao problema da falta de produtos, ocasionando custos de falta, ou relacionado a excessos de fabricação, que geram aumentos nos custos com armazenagem e perda de produtos.

Desta maneira, o presente estudo busca responder a seguinte pergunta: Quais os impactos na fabricação em uma fábrica de refrigerantes com a implementação de um modelo de lote econômico de fabricação?

Espera-se chegar a resultados que contribuam na busca de respostas para: o aumento da assertividade dos lotes produzidos, a diminuição em custos de fabricação e armazenagem e a adequação do lote de fabricação à demanda.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na literatura, existem inúmeras maneiras de realizar uma readequação de custos em uma empresa para que se possa otimizá-los e aumentar o lucro. Diante de um cenário competitivo, onde o mercado determina o preço de venda das mercadorias, a otimização de custos e o consumo eficiente dos fatores de fabricação estão no rol das principais ferramentas de medição e subsídios para o processo decisório das organizações.

A competição demanda das indústrias uma necessidade constante de redução das perdas e desperdícios no processo produtivo. Para Slack, Chambers e Johnston (2002), o propósito do PCP é garantir que os processos da fabricação ocorram eficaz e eficientemente e que produzam produtos e serviços conforme requeridos pelos consumidores.

Desta forma, um dos grandes desafios de uma indústria que produz um mix de refrigerantes é o equilíbrio entre o que é produzido e o que é demandado. Cabe ao gestor o objetivo de montar uma estratégia para minimizar os custos de fabricação ao mesmo tempo em que adequa esta fabricação à necessidade real do mercado, para finalmente reduzir os possíveis constrangimentos com desperdícios ou não atendimento.

Nesse sentido, uma das maneiras encontradas na literatura para produzir um mix de produtos de forma mais eficiente é por meio do Lote Econômico de

Fabricação (LEF). Este método visa determinar padrões de fabricação cíclicos e ótimos, calculados separadamente para cada item da fabricação onde a demanda é a determinante para o cálculo do tamanho do lote a ser produzido.

A implementação desta técnica na política de estoques da Brasal Refrigerantes visa a minimização dos custos totais incorridos em cada fabricação de um lote, incluindo custos com insumos, mão de obra e serviços públicos utilizados na preparação das linhas e os custos de estocagem.

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos descritos a seguir são os direcionadores deste estudo e trazem o que se pretende atingir ao final da abordagem metodológica aplicada.

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo visa diagnosticar os elementos relacionados à política de estoques de alguns refrigerantes categorizados como Classe C na classificação ABC – sendo esses os que mais possuem inconsistências entre quantidades fabricadas e demandadas na empresa Brasal Refrigerantes – e propor uma metodologia de cálculo de Lote Econômico de Fabricação para esses itens.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar retorno financeiro com o Lote Econômico em relação ao Lote atual da empresa.
- Definir metodologia de cálculo de Lote Econômico para indústria de refrigerantes.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo visa introduzir o problema a ser abordado no projeto, justificando a sua existência e deixando claro quais são os objetivos a serem alcançados.

Em seguida, o segundo capítulo apresenta a metodologia utilizada para a construção do projeto, classificando-o quanto à natureza, abordagem, objetivos e métodos.

No terceiro capítulo são apresentadas as referências bibliográficas para a construção do desenvolvimento da pesquisa. É a parte indispensável para a delimitação do problema e para obter uma ideia precisa sobre o estado atual dos conhecimentos sobre o tema estudado.

No quarto capítulo, os dados necessários para o cálculo do LEF são levantados e analisados.

No quinto capítulo, os resultados dos valores de LEF para os itens estudados são mostrados. Estes valores servem como base para a análise da viabilidade de fabricação destes itens.

No sexto capítulo, é proposto uma metodologia de cálculo de Lote Econômico, bem como os resultados de tamanho de lote com esta nova metodologia. Por fim, apresenta-se um comparativo dos retornos financeiros obtidos com os dois métodos utilizados.

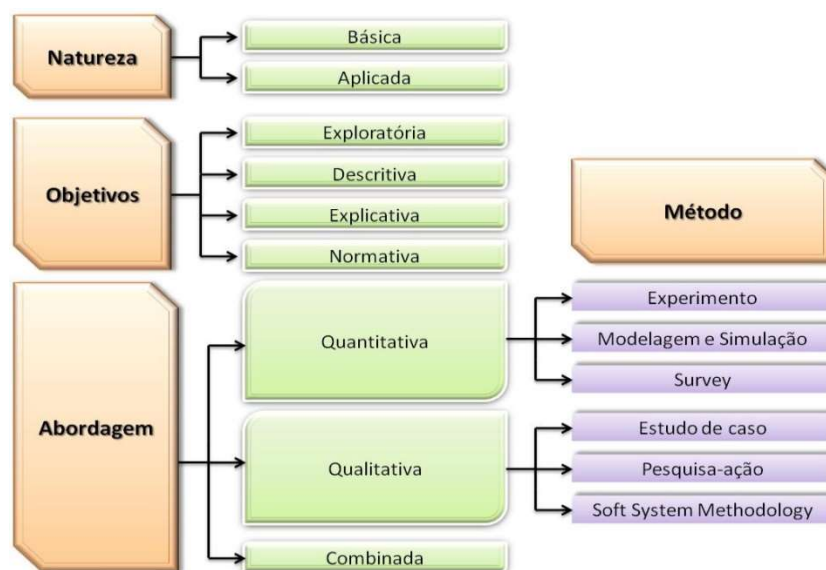
Finalizando, as considerações finais entram no sétimo capítulo para analisar os resultados obtidos nesta pesquisa e sugerir possíveis continuidades em trabalhos futuros.

1.5 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia a ser utilizada será baseada na coleta de dados acerca dos processos produtivos da Brasal Refrigerantes, da demanda média e dos custos necessários para implementar o método proposto. Isto é feito por meio de análises de sistemas internos, troca de informações com gestores e operários de chão de fábrica, bem como reuniões formais e revisão da literatura da área de Gestão de Operações e Planejamento e Controle da Produção.

Em relação aos aspectos técnicos da pesquisa científica, existe a necessidade de se conhecer os tipos existentes para que se possa adequar o trabalho em uma classificação adequada. Para isso, de acordo com Turrioni e Mello (2012), é necessário identificar a natureza, seus objetivos e os métodos que serão empregados. A figura 2 ilustra as classificações metodológicas mais conhecidas.

Figura 2 - Classificação da Pesquisa Científica



Fonte: Turrioni e Mello (2012)

Seguindo esse raciocínio, quanto à natureza, o trabalho pode ser descrito como aplicado por ser realizado em uma situação real e com interesse em implementar seus resultados. Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser definida como exploratória, pois pretende-se explorar os custos de fabricação e de

estocagem existentes na empresa, mas que ainda não tinham sido revelados. Quanto à abordagem metodológica, pode ser caracterizada como quali-quantitativa pois se utiliza de informações numéricas como custos e demanda, quantifica e classifica-os quanto às técnicas estudadas na área de Planejamento e Controle da Fabricação, bem como realiza a análise qualitativa do comportamento do método para os itens estudados.

O método de investigação científica utilizado será o estudo de caso. Segundo Araújo et al (2008), o estudo de caso é uma abordagem metodológica de investigação especialmente adequada quando procuramos compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos, nos quais estão simultaneamente envolvidos diversos fatores. Seguindo este raciocínio, o estudo de caso na Brasal Refrigerantes procura compreender e descrever o contexto atual dos fatores de Planejamento e Controle da Fabricação, e posteriormente explicar as implementações realizadas.

As etapas do projeto podem ser visualizadas em ordem cronológica de realização.

Etapa 1 – Levantamento dos produtos vendidos pela empresa.

Etapa 2 – Seleção da amostra a ser estudada por meio da priorização dos produtos mais críticos.

Etapa 3 – Levantamento de custos para a fabricação e estocagem dos produtos selecionados.

Etapa 4 – Elaboração do lote econômico de fabricação baseado nos custos levantados.

Etapa 5 – Elaboração de uma nova metodologia de cálculo de Lote Econômico, bem como um algoritmo de análise de lotes econômicos.

Etapa 6 – Validação dos resultados do projeto junto às partes interessadas da empresa.

Etapa 7 – Análise final do estudo de caso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

2.1.1 CONCEITO

Para Slack, Chambers e Johnston (2002), o propósito do planejamento e controle é de certificar que os processos da fabricação ocorram eficaz e eficientemente, e que produzam produtos e serviços de acordo com o que foi demandado pelo cliente.

De forma a atingir seus objetivos, o PCP administra informações vindas de diversas áreas do sistema produtivo. Da Engenharia do Produto são necessárias informações contidas nas listas de materiais e desenhos técnicos (estrutura do produto), da Engenharia do Processo os roteiros de fabricação com os tempos padrões (lead times), no S&OP (*Sales and Operations Management*) buscam-se as previsões de vendas de longo e médio prazo e pedidos firmes em carteira.

A manutenção fornece os planos de manutenção, Compras/Suprimentos informa as entradas e saídas dos materiais em estoque, de Recursos Humanos são necessários os programas de treinamento, e Finanças fornece o plano de investimentos e o fluxo de caixa, entre outros relacionamentos. Como desempenha uma função de coordenação e apoio ao sistema produtivo, o PCP relaciona-se praticamente com todas as funções deste sistema de forma direta ou indireta (Tubino, 2000).

De acordo com Tubino (2000), existem três níveis hierárquicos de Planejamento e Controle. No nível estratégico, onde são definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa, o PCP participa da formulação do Planejamento Estratégico da Fabricação gerando um plano de fabricação. No nível tático, onde são estabelecidos os planos de médio prazo para a fabricação, o PCP desenvolve o Planejamento Mestre da Fabricação, obtendo o Plano Mestre da Fabricação (PMP). No nível operacional, onde estão preparados os programas de curto prazo de fabricação e realizado o acompanhamento dos mesmos, o PCP prepara a programação da fabricação administrando estoques,

sequenciado, emitindo e liberando as ordens de compras, fabricação e montagem, bem como executa o acompanhamento e controle da fabricação. Estes níveis podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3 - Níveis de Planejamento



Fonte: Adaptado de Tubino (2000)

2.1.2 ATIVIDADES DO PCP

As atividades listadas acima, divididas em níveis hierárquicos por Tubino (2000), podem ser melhor explicadas abaixo de acordo com o mesmo autor.

Planejamento de Recursos de Longo Prazo: As empresas devem se preparar, elaborando planos de longo prazo para o dimensionamento de suas capacidades futuras. Isso ocorre através de estudos de previsão de demanda e objetivos formulados pelo planejamento estratégico e feitos pela alta administração. Esses estudos têm a finalidade de fazer a previsão dos recursos

necessários (equipamentos, mão-de-obra especializada, capital para investimentos em estoque), que geralmente não são passíveis de aquisição no curto prazo.

Planejamento e Controle da Capacidade: é a atividade que tem como objetivo calcular a carga de cada centro de trabalho para cada período no futuro. Visa prever se o chão de fábrica terá capacidade para executar um determinado plano de fabricação para suprir uma determinada demanda de produtos ou serviços. O Planejamento da Capacidade fornece informações que possibilitam: a viabilidade de planejamento de materiais, a obtenção de dados para futuros planejamentos de capacidade mais precisos, a identificação de gargalos, a programação de curto prazo e as estimativas de prazos viáveis para futuras encomendas. Além disso, tem a função de acompanhar o nível da fabricação executada, compará-la com os níveis planejados e executar medidas corretivas de curto prazo, caso estejam ocorrendo desvios significativos. Os índices de eficiência, gerados pela comparação dos níveis de fabricação executados com os níveis planejados, permitem determinar a acurácia do planejamento, o desempenho de cada centro produtivo e o desempenho do sistema de manufatura.

Previsão de Demanda: as análises das futuras condições de mercado e previsão da demanda futura são de grande importância para a elaboração do planejamento de Longo Prazo. Mesmo em indústrias que fabricam produtos sob encomenda, onde não se faz nenhum estudo formal de previsão de demanda, a alta direção pode gerar hipóteses sobre o estado da economia e o seu impacto nos negócios futuros da empresa.

Planejamento Agregado da Produção: é elaborado com base no Planejamento de Longo Prazo e o resultado é um plano de médio prazo que estabelece níveis de fabricação, dimensões da força de trabalho e níveis de estoque. O horizonte do Plano Agregado da Produção pode variar dependendo da atividade industrial. Particularidades de cada indústria, tais como previsibilidade da demanda e alto nível de repetição dos produtos, fazem com que muitas vezes ela nem seja executada. Neste caso, ela tende a ser absorvida pelo Planejamento Mestre da Produção que é uma atividade subsequente e mais detalhada.

Planejamento Mestre da Produção: o Planejamento Mestre da produção (PMP) é o componente central da estrutura global de planejamento da fabricação sendo gerado a partir do plano agregado de produção, desagregando-o em produtos acabados.

Planejamento de Materiais: é a atividade através da qual é feito o levantamento completo das necessidades de materiais para execução do plano de produção. A partir das necessidades vindas da lista de materiais, das exigências impostas pelo PMP e das informações vindas do controle de estoque (itens em estoque e itens em processo de fabricação ou compras). Procura-se determinar quando, quantos e quais materiais devem ser fabricados e comprados. O Planejamento de Materiais está intimamente ligado ao gerenciamento de estoques e deve ter como objetivo reduzir os investimentos em estoques e maximizar os níveis de atendimento aos clientes e fabricação da indústria.

Programação e Sequenciamento da Produção: a atividade de programação determina o prazo das atividades a serem cumpridas, ocorrendo em várias fases das atividades de planejamento da fabricação. De posse de informações como: disponibilidade de equipamentos, matérias-primas, operários, processo de fabricação, tempos de processamento, prazos e prioridade das ordens de fabricação, as ordens poderão ser distribuídas aos centros produtivos em que serão iniciadas as atividades de execução do PMP.

Controle da Fabricação de Materiais: tem como objetivo acompanhar a fabricação e compra dos itens planejados, com a finalidade de garantir que os prazos estabelecidos sejam cumpridos. A atividade de Controle da Fabricação de Materiais também recolhe dados importantes como: quantidade de refugos, quantidade de material utilizado e as horas-máquina e horas-homem gastas.

2.1.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS QUANTO À INTERAÇÃO COM A DEMANDA

Slack, Chambers e Johnston (2002) analisam os processos pela razão entre os tempos P e D, onde P corresponde ao tempo de ciclo de fabricação (tempo de “fazer”), enquanto D é o tempo de resposta à demanda.

A proporção entre P e D indica o quanto as operações do sistema produtivo são “especulativas”, isto é, baseado na suposição de uma previsão de vendas futuras, fabrica-se antecipadamente o produto para estoque. A partir desta lógica, as estratégias de fabricação podem ser classificadas, de acordo com Lustosa et al (2008), conforme segue:

MTO (Make to order): estratégia utilizada quando a fabricação é disparada após o recebimento formal do pedido do cliente, com prazo de atendimento alto e estoques concentrados no início da cadeia produtiva.

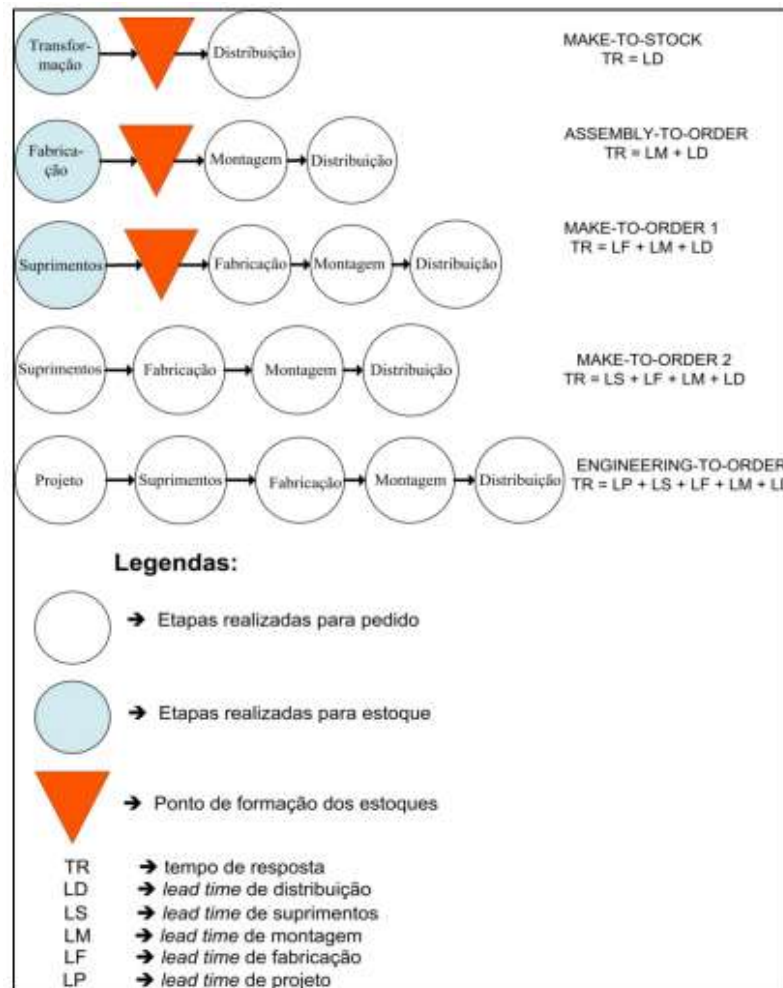
MTS (Make to stock): estratégia para produtos padronizados com rápido atendimento e produzidos para estoques, em que não há necessidade do pedido formal para disparar a fabricação.

ATO (Assembly to order): estratégia para produtos com características de fabricação de subconjuntos para posterior montagem de acordo com a necessidade do cliente expressa em pedido.

ETO (Engineering to order): estratégia que dá ênfase à fase do projeto, que é usualmente desenvolvida somente após o recebimento do pedido do cliente. Após o projeto ser aprovado pelo cliente é que se inicia o processo de fabricação. Como consequência, não existe estoque antes da chegada do pedido, nem mesmo durante a fase de projeto. O prazo de entrega é alto.

A figura 4 demonstra essas estratégias abordadas.

Figura 4 - Sistemas Produtivos de Interação com a Demanda



Fonte: Adaptado de Godinho Filho (2004)

A escolha da estratégia de sistema produtivo na empresa é extremamente importante para deixar claro aos sócios, acionistas e até mesmo aos colaboradores quais são os critérios para a definição da política de estoques e seus custos correspondentes. Por exemplo, ao definir o sistema MTS como estratégia, a empresa justifica em suas demonstrações de resultado um gasto maior com custo de armazenagem de produtos. Caso escolhesse como estratégia o MTO, a empresa não teria muito estoque em seu espaço físico, podendo canalizar os custos para outros setores.

2.2 GESTÃO DE ESTOQUES

2.2.1 CONCEITO

Gestão de estoques se constitui em ações que permitem ao administrador analisar se os estoques estão sendo bem utilizados, bem localizados, bem manuseados e controlados.

Para Martins e Alt (2003), a gestão de estoque busca garantir a máxima disponibilidade de produto, com o menor estoque possível. A gestão de estoques entende que quantidade de estoque parada é capital parado, o que significa um baixo retorno do investimento efetuado. Este capital investido poderia estar suprindo a urgência de outro segmento da empresa, motivo pelo qual o gerenciamento deve projetar níveis adequados, objetivando manter o equilíbrio entre estoque e consumo. Ainda segundo os mesmos autores, entende-se sinteticamente que a gestão de estoques é o planejamento do estoque, seu controle e sua retroalimentação para o planejamento. O mesmo, consiste na determinação dos valores que o estoque terá com o correr do tempo, bem como na determinação das datas de entrada e saída dos materiais do estoque e na determinação dos pontos de pedido de material, bem como das quantidades a serem produzidas.

2.2.2 TIPOS DE ESTOQUE

Corrêa e Corrêa (2005) definem quatro tipos básicos de estoque que são comuns nas empresas:

- Estoques de matérias-primas e componentes comprados: são todos os itens utilizados no processo de transformação em produto acabados. São todos os materiais que a empresa comprou e armazenou para utilizar no processo produtivo.
- Estoque de material em processo: diz respeito aos itens que já entraram no processo produtivo, estão sendo transformados, mas ainda não estão acabados.
- Estoque de produtos acabados: são os produtos finais da empresa, isto é, estão prontos para venda.

- Estoques de materiais para MRO (manutenção, reparo e operação): indica uma categoria de materiais utilizados em atividades de manutenção, reparos e todos os insumos para fabricação (operações). Seriam os materiais necessários para transformar a matéria-prima. Por exemplo, o aço utilizado para estampagem das partes metálicas dos veículos é classificado como matéria-prima. Já o óleo utilizado para lubrificação das máquinas de estamperia é visto como material MRO.

Para Ballou (2001), existem ainda dois tipos importantes de estoques a serem considerados, que seriam Estoques no Canal (Trânsito) e Estoques de Segurança.

Estoques em transitio: são todos os produtos que estão sendo transferidos de uma unidade fabril para outra e ainda não chegaram ao seu destino final, normalmente são transferências na mesma empresa.

Estoque de Segurança: trata-se do dimensionamento de um valor para o estoque em que um pedido de reposição é disparado, fazendo com que o mesmo seja feito enquanto ainda se mantém estoques das mercadorias e produtos no almoxarifado, evitando-se assim que a empresa seja obrigada a interromper a sua fabricação, ou comercialização, por não ter produtos, insumos e outras mercadorias em estoque.

Para Corrêa e Corrêa (2005), o Estoque de Segurança surge da necessidade de quantificar a incerteza. Isto significa saber a probabilidade associada à diferentes níveis de crescimento da demanda, após a emissão ou fabricação do lote de ressuprimento. Para isso, faz-se necessário conhecer as características das variações passadas da demanda em torno da média (desvio padrão).

A relação entre nível de serviço ao cliente e nível de estoque de segurança pode ser dada pela equação 1, de acordo com Corrêa e Corrêa (2005).

$$E_{seg} = FS \times \sigma \times \sqrt{\frac{LT}{PP}} \quad (1)$$

FS = Fator de Segurança, que é função do Nível de Serviço que se pretende. É também conhecido como Z, matematicamente o número de desvios padrões que separa o valor da média.

σ = Desvio Padrão estimado para a demanda futura.

LT = Lead Time de ressuprimento.

PP = Periodicidade à qual se refere o desvio padrão.

Uma derivação desta fórmula que proporciona outra maneira para se encontrar o valor do Estoque de Segurança é:

$$\text{Estoque de segurança} = FS \times \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2} \quad (2)$$

FS = Fator de Segurança, que é função do Nível de Serviço que se pretende. É também conhecido como Z, matematicamente o número de desvios padrões que separa o valor da média.

σ_d = Desvio Padrão estimado para a demanda futura.

σ_t = Desvio Padrão estimado para a o tempo de produção do lote.

t = Tempo de produção do lote.

d = Demanda média.

Na Tabela 1, podemos encontrar os fatores de segurança associados ao nível de serviço que se deseja.

Tabela 1 - Fatores de Segurança

Nível de Serviço	Fator de Segurança
50,00%	0
60,00%	0,254
70,00%	0,525
80,00%	0,842
85,00%	1,037
90,00%	1,282
95,00%	1,645
96,00%	1,751
97,00%	1,88
98,00%	2,055
99,00%	2,325
99,90%	3,1
99,99%	3,62

Fonte: Corrêa e Corrêa (2015)

2.2.3 CLASSIFICAÇÃO ABC

A Curva ABC é conhecida também como Curva 80-20 e foi observada pela primeira vez por Vilfredo Pareto em 1897 durante um estudo de distribuição da renda e da riqueza da Itália. Ele chegou à conclusão de que uma grande porcentagem da renda total estava concentrada nas mãos de uma pequena porcentagem da população, na proporção de quase 80% a 20%. O conceito encontrou generalizada aplicação nos negócios.

De acordo com Ballou (2006), raramente se observa uma proporção exata 80-20, mas sempre em um intervalo próximo. O autor considera que o conceito é bastante útil no planejamento dos estoques da distribuição, recebendo assim tratamento diferenciado por parte da empresa de acordo com a receita que geram. Ele exemplifica que os itens 20% mais bem classificados podem ser chamados de itens A, 30% de itens B, e os restantes de itens C.

O uso anual e o valor são os critérios mais utilizados na classificação ABC, porém outros fatores podem também ser utilizados, dependendo do cenário de cada empresa, como: consequências da falta do produto, volume ocupado no estoque, fornecimento incerto e risco de deterioração ou obsolescência (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2002).

Para Corrêa e Corrêa (2005), o objetivo da Curva ABC é definir grupos para os quais diferentes sistemas de controle de estoque serão mais apropriados, resultando em um sistema total mais eficiente em custos. Os passos para a elaboração desta curva voltada a itens em estoque são descritos no Quadro 1.

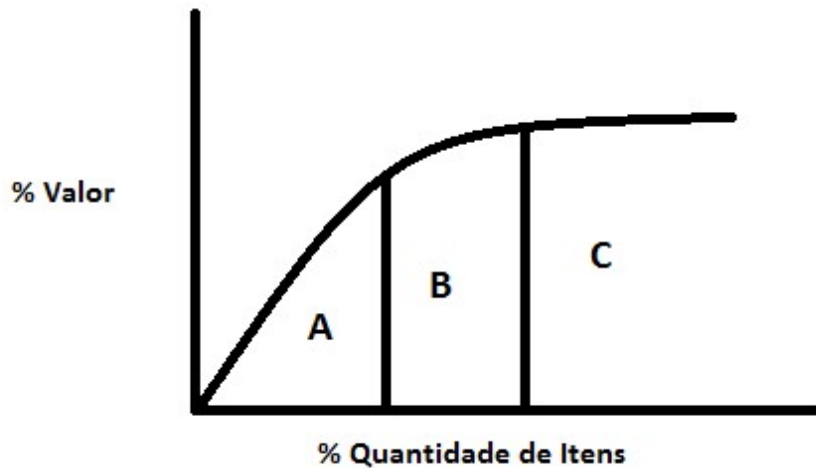
Quadro 1: Passo a Passo da Curva ABC

Etapas sequenciais para a elaboração de uma Curva ABC	
1	Para cada item de estoque, determinar a quantidade total utilizada no ano anterior (ou então a quantidade projetada para uso no futuro).
2	Determinar o custo médio de cada item do estoque, utilizando a moeda padrão.
3	Calcular para cada item de estoque o custo anual total de uso, multiplicando o custo médio de cada item, levantado em 2, pela quantidade levantada em 1.
4	Ordenar em uma lista todos os itens em valor decrescente do valor encontrado em 3.
5	Calcular os valores acumulados de uso para toda a lista, na ordem definida em 4.
6	Calcular os valores acumulados determinados em 5, em percentual, relativos ao valor total acumulado de valor de uso para o total de itens.
7	Plotar os valores percentuais em um gráfico.
8	Definir as 3 regiões conforme a inclinação da curva resultante: região A, de grande inclinação, região B, de média inclinação e região C, de pequena inclinação.

Fonte: Adaptado de Corrêa e Corrêa (2005)

A curva possui um formato genérico de acordo com a Figura 5.

Figura 5 - Curva ABC



Fonte: Autor (2016)

Assim sendo, tem-se em geral:

- Classe A: Itens de maior valor de demanda ou consumo;
- Classe B: Itens de valor de demanda ou consumo intermediário;
- Classe C: Itens de menor valor de demanda ou consumo.

Do ponto de vista de estoques, a identificação dos itens A,B e C resulta em um melhor controle, redução do custo total de estoque e adequação ao nível de atendimento.

2.2.4 CUSTOS DE ESTOQUE

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), os gerentes de fabricação devem primeiramente identificar os custos que serão afetados por sua tomada de decisão. A análise de custos é de vital importância, visto que o estoque é considerado em muitas ocasiões como um capital imobilizado da empresa na forma de materiais. Por outro lado, os estoques também assumem o papel inverso quando estão dentro de mercados especulativos, seja pelo aumento do preço ou até mesmo pela falta de fornecimento.

Alguns custos são tratados diariamente em um ambiente produtivo, como os descritos a seguir:

- Custos de colocação do pedido. Cada vez que um pedido é colocado para reabastecer estoque, são necessárias algumas transações que representam custos para a empresa. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), estas incluem as tarefas de escritório de preparo do pedido e toda a documentação associada com isso, bem como os custos inerentes à entrega e ao pagamento ao fornecedor.

De acordo com Corrêa e Corrêa (2005), os Custos de Pedido (CP) podem ser representados da seguinte forma:

$$CP = Cf \times \frac{DA}{L} \quad (3)$$

Onde:

Cf = Custos fixos de um pedido.

DA/L = Número de pedidos feitos ao longo do ano, em que DA representa a demanda anual e L é o tamanho do lote.

- Custos de falta de estoque. Para Slack, Chambers e Johnston (2002), o risco do não fornecimento pode causar uma migração do cliente para outros concorrentes, além da perda de credibilidade da empresa por meio da queda em seu nível de serviço.
- Custos de capital de giro. É comum a existência de um lapso de tempo entre pagar fornecedores e receber pagamento dos consumidores. Durante esse tempo, faz-se necessário capital para manter os estoques, conhecido como Capital de Giro. Os custos associados a ele são os juros pagos ao banco por empréstimos ou aos custos de oportunidade que representam o que poderia estar rendendo em outro lugar. (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002)
- Os custos de armazenagem (CA) estão associados à armazenagem física dos bens, bem como seus custos com o espaço (aluguel ou compra), energia elétrica, layout, entre outros. Segundo Corrêa e Corrêa (2005), pode ser expresso por meio da equação 4.

$$CA = Ce \times \frac{L}{2} \quad (4)$$

Onde:

$L/2$ = Estoque médio representado pelo tamanho do lote (L) dividido por dois.

Ce = Custo unitário anual de estocagem (armazenagem).

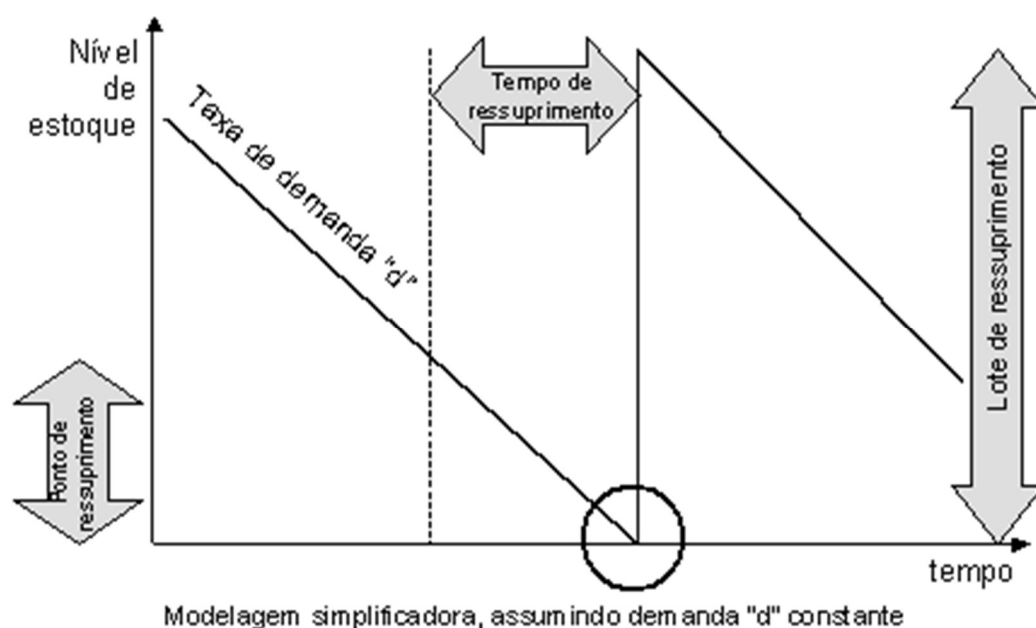
- Custos de obsolescência. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), é comumente observado em sistemas MTS (*Make to Stock*), em que o sistema está voltado para um nível alto de serviço com grandes quantidades de estoque. Existe o risco de que esses itens possam se tornar obsoletos ou deteriorar-se com a idade (no caso da maioria dos alimentos, por exemplo).

2.2.5 MODELO DE PONTO DE REPOSIÇÃO POR MEIO DO LOTE ECONÔMICO DE COMPRAS (LEC)

Segundo Corrêa e Corrêa (2005), o modelo de ponto de reposição funciona da seguinte maneira: todas as vezes que determinada quantidade de item é retirada do estoque, verifica-se a quantidade restante. Se essa quantidade é menor que uma pré-estabelecida (conhecida como “ponto de reposição”), compra-se ou produz no próprio local uma quantidade calculada, chamada de “lote de ressuprimento”.

Para que o fornecedor entregue ou a própria organização produza, demora um certo tempo até a disponibilidade da quantidade necessitada. Este tempo é conhecido como “tempo de ressuprimento”, ou Lead Time. A Figura 6 esquematiza este modelo.

Figura 6 - Modelo de Gestão de Estoques Sem Falhas



Fonte: Adaptado de Corrêa e Corrêa (2005)

É possível demonstrar, segundo Corrêa e Corrêa (2005), que os custos mínimos de operação do sistema ocorrem quando os custos totais de armazenagem se igualam aos custos totais com pedidos. Isto ocorre igualando-se as equações 5 e 6:

$$Cf \times \frac{DA}{L} = Ce \times \frac{L}{2} \quad (5)$$

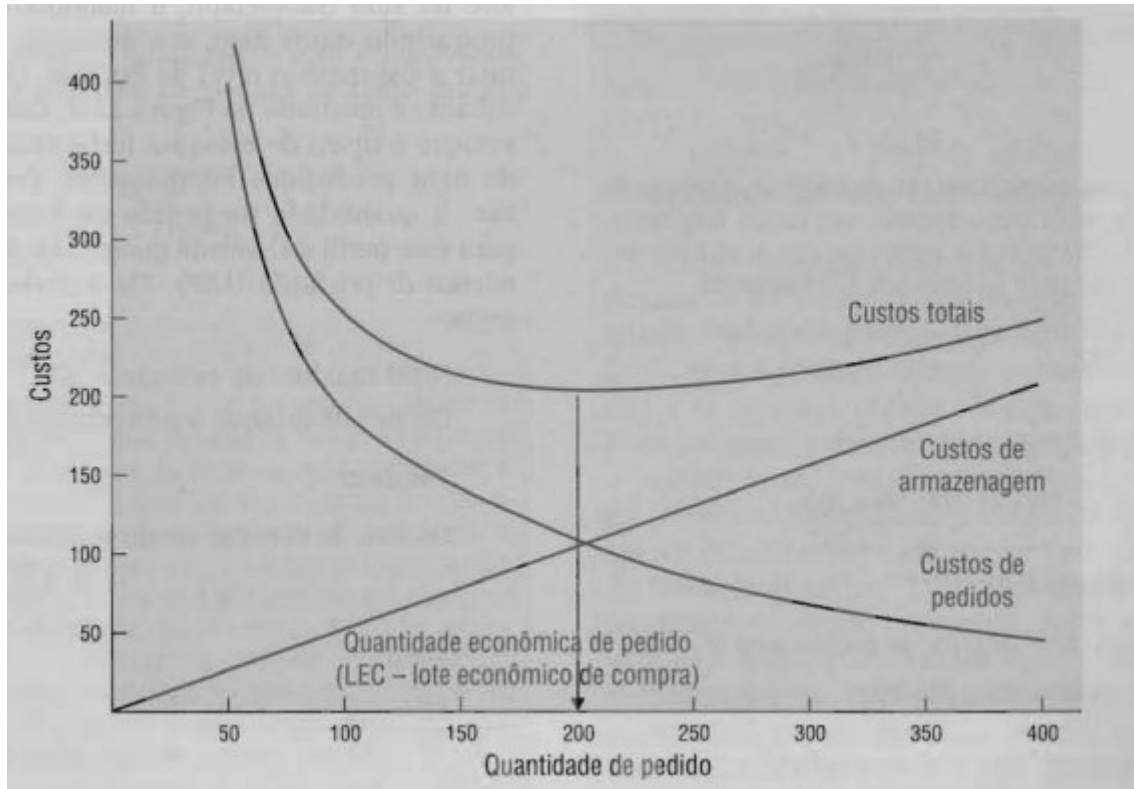
A partir desta equação, tem-se que o Lote Econômico de Compras (Le) pode ser encontrado por meio da seguinte equação:

$$Le = \sqrt{\frac{2 \times DA \times F}{Ce}} \quad (6)$$

O LEC pode ser representado graficamente (Figura 7). Ele corresponde ao ponto em que as curvas dos custos de armazenagem e de pedido se

encontram representando o valor mínimo da soma dos custos de pedidos e de armazenamento.

Figura 7 - Curva de Custo Mínimo do Lote Econômico de Compras



Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002)

Ainda de acordo com Corrêa e Corrêa (2005), o Ponto de Ressuprimento pode ser encontrado multiplicando-se a taxa de demanda D pelo Tempo de Ressuprimento TR (Lead Time), adicionando-se o Estoque de Segurança E_{seg} , como mostra a equação abaixo.

$$PR = D \times TR + E_{seg} \quad (7)$$

2.2.6 MODELO DE PONTO DE REPOSIÇÃO POR MEIO DO LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO (LEF)

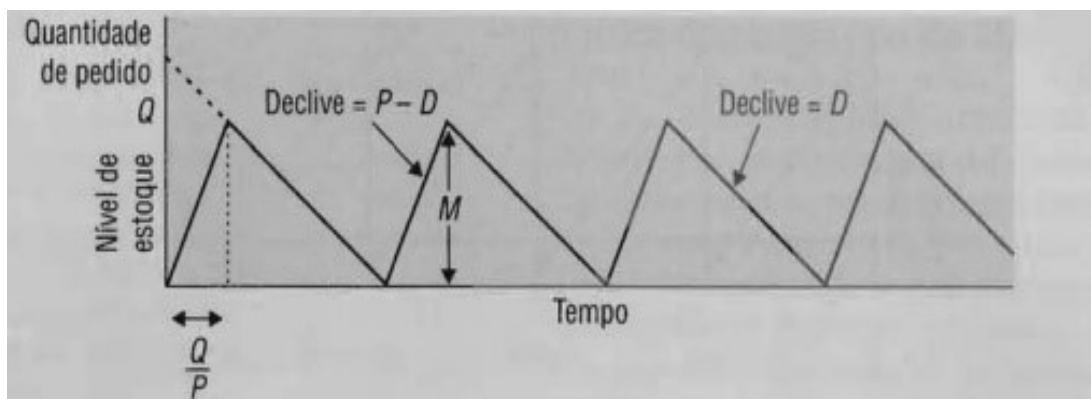
Apesar de o modelo de estoque mostrado na Figura 6 ter assumido algumas pressuposições simplificadoras, ele é amplamente aplicável na maioria das situações em que o pedido de ressuprimento chega como uma entrega

simples. Porém, muitas vezes os pedidos chegam gradualmente ao longo de um período. Um exemplo disso é um pedido colocado dentro da operação para um lote de peças a ser produzido em uma máquina.

A máquina vai começar a produzir as peças e entregá-las num fluxo contínuo. Durante o tempo em que essas unidades estão sendo acrescentadas ao estoque, a demanda continua a acontecer. Desde que a taxa (p) segundo a qual as partes estão sendo feitas e colocadas em estoque seja maior do que a taxa (d) segundo a qual a demanda está consumindo o estoque, o tamanho do estoque vai crescer. Depois de o lote ter sido completado, a máquina vai seguir produzindo outro item, e a demanda vai continuar a consumir o nível de estoque (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002).

Desta maneira, a quantidade de pedido que minimiza o custo para esse modelo é chamada de quantidade de lote econômico de fabricação (LEF), podendo ser visualizado conforme Figura 8.

Figura 8 - Modelo de Reabastecimento Gradual de estoque utilizando o LEF



Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002)

O LEF pode ser encontrado a partir das seguintes relações:

Nível máximo de estoque = M .

Fabricação = p (Taxa)(Unidade/Tempo)

Demanda = d (Taxa)(Unidade/Tempo)

Declive de estoque sendo produzido = $p - d$ ou,

Declive de estoque sendo produzido: $p - d = M \div Q/p$.

Logo,

$$M = Q(p-d)/p$$

$$\text{Nível Médio de estoque} = M/2 = Q(p-d)/2p$$

Aplicando a mesma lógica do LEC, o custo total é igual à soma do custo de armazenagem com o custo de realizar o pedido.

$$Ct = \frac{Ce \times Q \times (p-d)}{2 \times p} + \frac{Cp \times D}{Q} \quad (8)$$

Igualando a zero para encontrar o custo mínimo, teremos a seguinte equação para o LEF.

$$LEF = \sqrt{\frac{2CpD}{Ce(1-\frac{d}{p})}} = \sqrt{\frac{2 \times \text{Custo de Preparação} \times \text{Demanda Anual}}{\text{Custo Unitário de Estocagem} \times (1-\frac{\text{Taxa de Consumo}}{\text{Taxa de Fabricação}})}} \quad (9)$$

Onde:

C_p = Custo de Preparação da Fabricação (Setup)

C_e = Custo Unitário de Armazenagem (estocagem).

D = Demanda Anual.

2.2.7 LIMITAÇÕES DO MODELO DE LOTE ECONÔMICO

Deodato (2009) ressalta que quanto maior a quantidade de produtos para se programar, maior a probabilidade de que o método do LEF se torne inaplicável. Neste ponto, cabe dizer que existem críticas gerais quanto à aplicação do LEF para linhas de fabricação com um mix muito alto de produtos, visto que os custos se tornarão altamente dinâmicos.

Além disso, alterando-se o fluxo de fabricação, determinado recurso pode se tornar gargalo. Neste caso, o custo do setup deverá levar em consideração todo o sistema produtivo, e não apenas a máquina considerada. Este caso é especialmente crítico quando o LEF é aplicado na fabricação de itens dependentes. Por fim, quando a estrutura de produto é composta de muitos

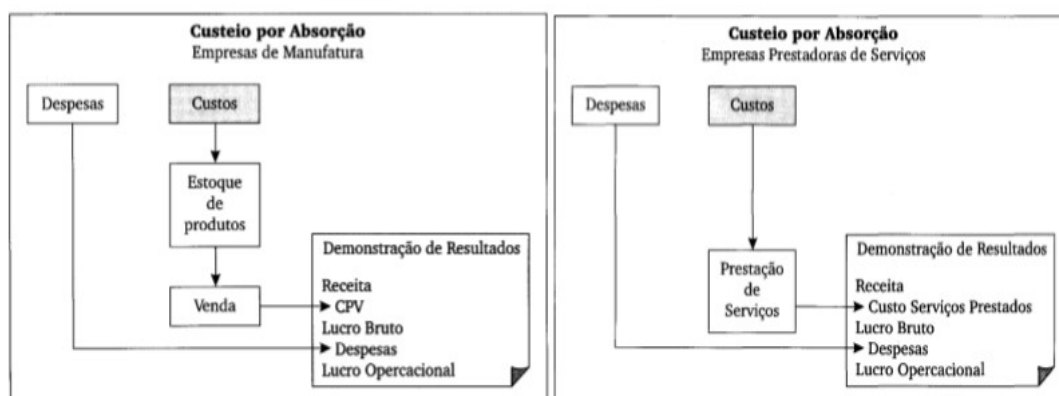
níveis, há tendência ao desbalanceamento do fluxo de produção entre etapas subsequentes e que demandem itens similares, caso se aplique o LEF.

2.3 MÉTODOS DE CUSTEIO

2.3.1 CUSTEIO POR ABSORÇÃO

Custeio por Absorção, segundo Martins (2003), é o método derivado da aplicação dos princípios de contabilidade geralmente aceitos, que consiste na apropriação de todos os custos de produção aos bens elaborados. Todos os gastos relativos ao esforço de produção são distribuídos para todos os produtos ou serviços feitos.

Figura 9 - Custeio por Absorção



Fonte: Adaptado de Martins (2003)

Apesar de muitas vezes falhar como instrumento gerencial, é obrigatório para fins de avaliação de estoques (para apuração do resultado e para o próprio balanço). Também o Imposto de Renda costumeiramente o usa: no Brasil é utilizado obrigatoriamente.

No Custeio por Absorção, a depreciação dos equipamentos e outros imobilizados amortizáveis utilizados na produção deve ser distribuída aos produtos elaborados, portanto, vai para o ativo na forma de produtos, e só vira despesa quando da venda dos bens.

2.3.2 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES

De acordo com Martins (2003), o Custeio Baseado em Atividades, conhecido como ABC (Activity-Based Costing), é uma metodologia de custeio

que procura reduzir sensivelmente as distorções provocadas pelo rateio arbitrário dos custos indiretos.

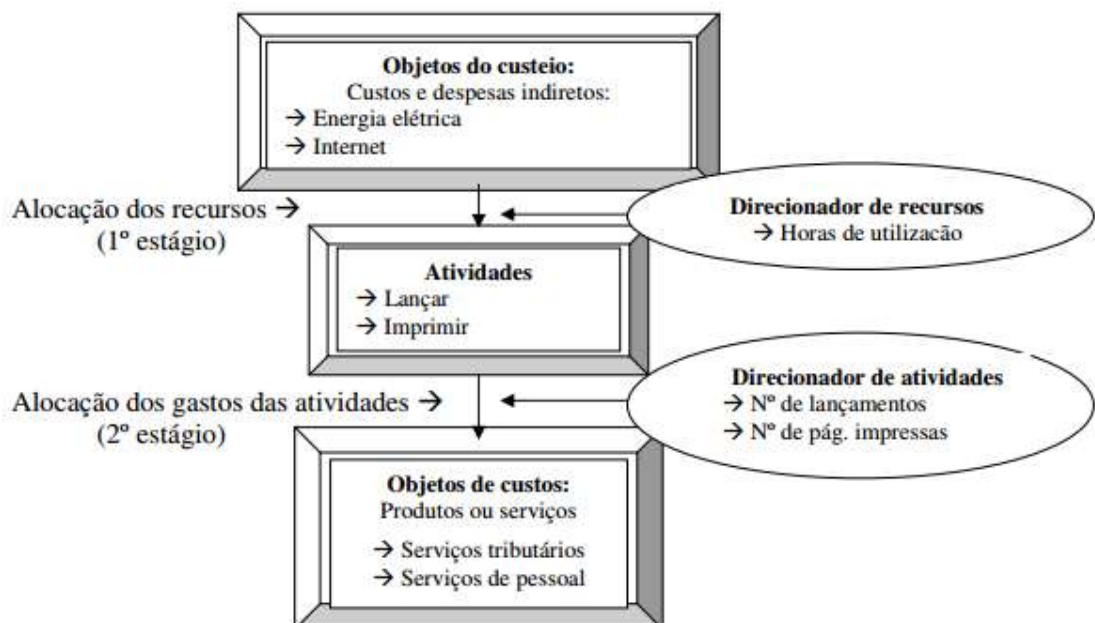
Sendo este método baseado nas atividades, cabe primeiramente identificar os custos e as despesas por atividades e, depois, alocar as atividades aos produtos que são seus portadores finais. Com isso se diz que os custos dos produtos ficam mais exatos (Leone, 2000).

O ABC pode ser aplicado, também, aos custos diretos, principalmente à mão- de-obra direta, e é recomendável que o seja; mas não haverá, neste caso, diferenças significativas em relação aos chamados “sistemas tradicionais”. A diferença fundamental está no tratamento dado aos custos indiretos.

A metodologia do custeio baseado em atividades parte do princípio de que todos os custos cometidos numa empresa acontecem na realização de atividades como: i) Contratar mão de obra; ii) Adquirir matérias primas; iii) Pagamento de salários e fornecedores; iv) Condução de mercadorias; v) Faturar e arrecadar.

A Figura 10 mostra um exemplo da metodologia de custeio ABC aplicada.

Figura 10 - Custeio ABC



Fonte: Adaptado de Leone (2000)

Na figura 10, os objetos de custeio representam quais recursos serão gastos nas atividades para se obter os serviços. Assim, temos que o objeto

(resultado das atividades) dos custos a serem identificados são os serviços tributários e de pessoal. Para chegar a esse serviços, deve-se realizar algumas atividades, dentre elas as de lançar os tributos e de imprimir papéis. Essas atividades possuem gastos, que são medidos por meio dos recursos de energia elétrica e internet.

2.4 PESQUISAS ACERCA DA APLICAÇÃO DO LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO

2.4.1 O CASO DA INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS

Deodato (2009) aplica o conceito de Lote Econômico de Fabricação (LEF) em uma indústria injetora de plásticos. Segundo o autor, o LEF parte do pressuposto de uma necessidade de determinar padrões de fabricação cíclicos calculados separadamente para cada item da fabricação onde a demanda é a determinante para o cálculo do tamanho do lote a ser produzido.

Existem cerca de 70 itens no catálogo de fabricação da indústria estudada por Deodato (2009), porém o foco de seu estudo está em um item que possui as maiores produtividades e rotatividades de estoque, com uma demanda anual de 120.000 peças e faturamento de R\$ 1,4 milhões gerado em 2008. O autor levou em conta o custo de preparação (C_p), a Demanda (D), custo de estoque unitário (C_e) e a quantidade produzida (p) para o cálculo do LEF. Para achar o C_p , o autor considerou o consumo de insumos básicos para o processo produtivo como a matéria prima, a mão de obra diretamente aplicada à fabricação e o tempo das máquinas envolvidas no processo.

Já para o cálculo do C_e , foram levantados os juros do capital imobilizado, o risco de obsolescência do produto, as taxas e impostos determinados por sua fabricação, a perda por deterioração e as despesas com a instalação, tais como aluguel e despesas administrativas. Em sua conclusão, Deodato (2009) sugere uma quantidade ótima a ser produzida, porém não traz os resultados da aplicação desta quantidade.

Assim como neste caso, o presente trabalho também estudou uma empresa que produz muitos itens, porém ao invés de tratar dos itens mais

vendidos, foram tratados itens classe C na classificação ABC, cuja explicação será mostrada no tópico 4.2.

2.4.2 O CASO DA EMPRESA DE FERRAGENS E PRODUTOS METALÚRGICOS DE PEQUENO PORTE

Cunha et al. (2013) realizaram um estudo de modelo de gestão de estoques em uma empresa de ferragens e produtos metalúrgicos de pequeno porte a partir da curva ABC. O objetivo e o que se esperou atingir com o estudo foi o atendimento das demandas dos clientes com os menores custos, minimizando o risco de uma venda perdida pela falta de produto final no estoque. Para isso, os autores analisaram os dados referentes à demanda no período de um ano e aplicaram o modelo de lote econômico de fabricação (LEF).

As empresas que trabalham com pronta entrega necessitam da aplicação de uma gestão do estoque de seus produtos comerciais para poder suprir a demanda e não ocasionar elevados custos de estocagem por excesso(CUNHA et al. 2013).

O modelo de gestão de estoques escolhido neste caso foi o de Reposição por Lote Econômico de Fabricação, com a necessidade de estoque de segurança devido à incerteza do ressuprimento do produto e a variabilidade da demanda. Para tal, foram mapeados os processos de fabricação dos produtos classe A, considerando o agrupamento da família desses produtos, pois as famílias utilizam-se de processos de fabricação similares. O mapeamento dos processos incluiu o tempo de setup das máquinas para cada processo de fabricação de cada família. Após mapear os processos, os autores mapearam também o perfil de estoque da empresa, utilizando-se de dados de quantidade de produtos vendidos e da média de fabricação mensal.

Em seguida, ocorreu o levantamento de custos pelos autores. Os custos fixos levados em consideração abordam a metodologia de Slack, Chambers e Johnston (2002), que nomeia o custo de setup (ou custo de fabricação, de acordo com a variação dos autores) como custo fixo. Isto porque este fixo abrange, além do custo de setup, a energia gasta pelo maquinário, o produto e o custo de material e demais itens necessários, denominado custo de fabricação unitário. Já os custos com estoque levaram em consideração os custos com o aluguel do

local de estocagem, custos de movimentação considerando as despesas com pessoal, e custos com impostos.

De posse dos custos (de estocagem e fixos), os autores plotaram em um gráfico para verificar o momento em que esse custo é mínimo, trazendo assim a quantidade econômica a ser produzida para cada produto classe A. Além dessa quantidade, os autores calcularam o estoque de segurança, devido à variabilidade da demanda, bem como o ponto de ressuprimento.

Os resultados foram considerados satisfatórios pelos autores, apresentando para a empresa a quantidade a ser produzida, o tempo e o ponto de ressuprimento e o estoque de segurança, cada um se relacionando com cada produto estudado.

Deste caso, o método de transformar em custo o tempo de setup para os processos de fabricação é similar ao que foi aplicado ao presente trabalho, podendo ser melhor explicado a partir do tópico 4.4 deste trabalho.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 POLÍTICA DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO DA EMPRESA

Em razão da Política de Segurança da Informação disponível aos funcionários da empresa Brasal Refrigerantes, é vedada a divulgação de dados e informações estratégicas de mercado por parte dos funcionários sem que exista o consentimento dos membros da diretoria.

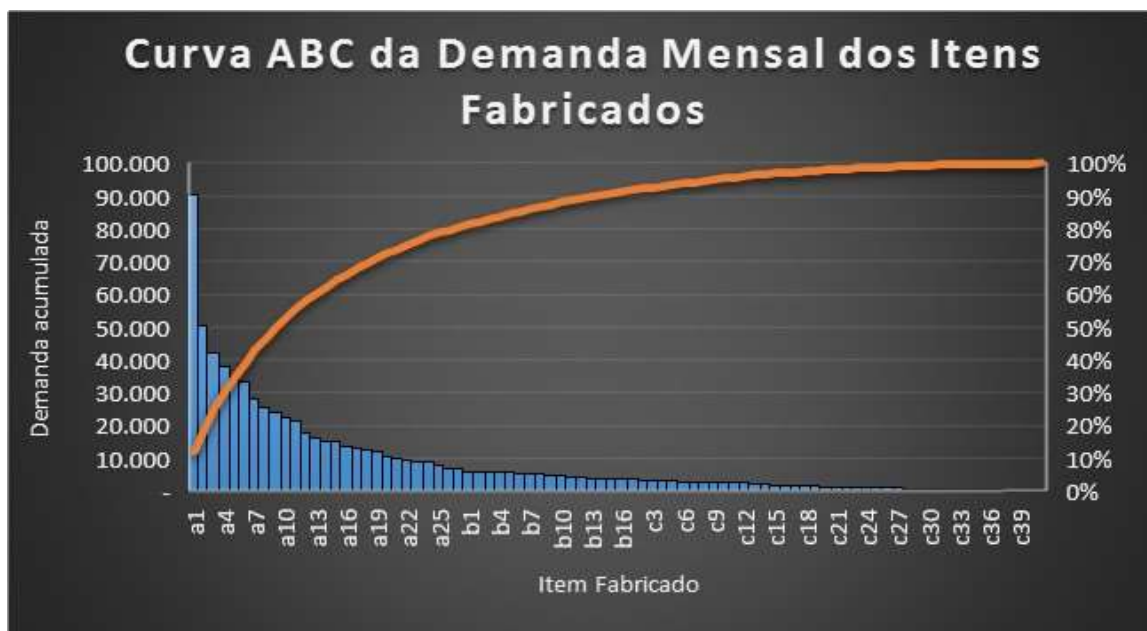
Desta forma, todas as informações de exclusividade da empresa, coletadas e detalhadas nos tópicos a seguir, sofreram alterações em seus nomes e em seus valores. Por exemplo, ao invés de uma citação do nome do refrigerante como é conhecido no mercado, além de seu custo real, será citada uma variação desse nome e o custo real alterado por um multiplicador.

Vale ressaltar que todas as variáveis que compõe o cálculo do LEF foram alteradas pelo mesmo multiplicador, a fim de manter a coerência nos resultados.

3.2 CLASSIFICAÇÃO ABC DOS ITENS FABRICADOS

Existem atualmente cerca de 85 itens fabricados na empresa, sem contar aqueles que são comprados por terceiros. Como o foco do estudo está nos itens fabricados pela Brasal Refrigerantes, a Curva ABC (Figura 11) não contempla os que são comprados de fornecedores.

Figura 11 - Curva ABC dos Itens Fabricados na Empresa



Fonte: Autor (2016)

A curva foi montada baseada na demanda mensal média por caixa física do item, sendo que este dado reflete diretamente no posicionamento de cada item na área de estocagem da empresa. Os valores do eixo x são substituintes dos nomes originais de cada item que é produzido na empresa. A letra representa sua classificação (A,B ou C) e o número é relacionado à quantidade de itens em cada classificação. Por exemplo, a quantidade de itens classe C vai de 1 até 39, logo o item c39 (último do eixo x) é um item da classe C e é o 39 desta classificação.

A partir do gráfico da Figura 11, é possível inferir que aproximadamente 30% dos itens são responsáveis por 80% da demanda total de itens fabricados (assim, foram classificados em A), 20% dos itens representam 10% da demanda (classificados em B) e os outros 50% dos itens representam também apenas 10% da demanda (a maior parte dos itens são classe C).

3.3 ESCOLHA DOS SKUs PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO

A partir deste momento, o termo *Stock Keeping Unit* (SKU) será usado com frequência no trabalho. Em português, significa Unidade de Manutenção de

Estoque, está relacionado à logística de armazém e designa os itens do estoque existentes no portfólio da empresa, conectados a códigos identificadores.

Isto posto, foi realizada uma reunião com o departamento de Gestão de Vendas e Operações (S&OP) da empresa para definir os SKUs críticos a serem estudados. Juntamente com os gestores, foram levantados os principais problemas.

- i) Produção frequentemente maior que a demanda média;
- ii) Em consequência, maior obsolescência no estoque dos SKUs, levando ao vencimento e à perda do produto.

Vale explicar melhor sobre o segundo problema. Em geral, existe uma regra tácita de mercado que define que os grandes clientes (supermercados, por exemplo) não aceitam comprar o produto da indústria de bebidas que ultrapasse dois terços ($2/3$) de sua validade. Em outras palavras, se faltar $1/3$ ou menos do tempo para se chegar à validade do produto, ou os clientes não irão pagar por isso, ou pagarão um valor abaixo de seu valor de mercado em raros casos.

Assim sendo, alguns dos produtos que se encaixaram nesses critérios e que foram disponibilizados para o presente estudo estão relacionados na Tabela 2.

Tabela 2 - SKUs Escolhidos

Nome	Tipo	Volume	Classificação ABC	Linha de Fabricação
Refrigerante 1	KS (Vidro)	24 x 290 mL	C	Linha 2
Refrigerante 2	Mini Lata	12 x 250 mL	C	Linha 4
Refrigerante 3	Lata	6 x 350 mL	C	Linha 4
Refrigerante 4	Lata	6 x 350 mL	C	Linha 4

Fonte: Autor (2016)

Na coluna de volume - como exemplo o Refrigerante 1 - temos que uma caixa física desse SKU possui 24 garrafas de 290 mililitros cada. Logo, a unidade padrão a ser adotada para a medição do tamanho do lote será em caixas físicas.

Quanto à Classificação ABC, é importante destacar que a ideia inicial era estudar os itens mais vendidos pela empresa (classe A), adequando seus lotes de produção pois representam a maior parte da receita da empresa. Todavia, a hipótese inicial foi refutada após a reunião com o S&OP, visto que os SKUs classe A, mesmo que produzidos em quantidades maiores, conseguiam muitas vezes ser absorvidos pelo mercado, bem como parte da classe B.

De toda forma, deve-se dizer que a aplicação do método foi recomendada para todas as classes de produtos (A, B e C) em uma próxima etapa, porém a urgência paira sobre os itens classe C, pois estes foram os que ficaram dentro dos critérios estabelecidos para o estudo.

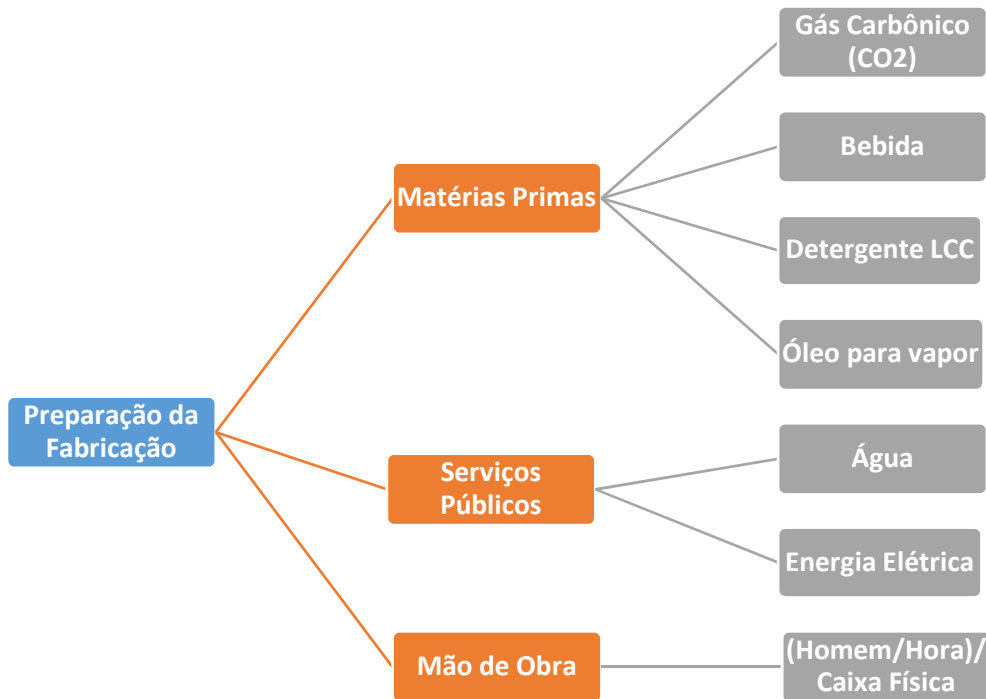
Por fim, o tipo de SKU (lata, ks, etc) determina em qual linha será produzido. Atualmente, existem 4 linhas de produção na fábrica. A linha 2 se destina aos SKUs carbonatados (possuem CO₂ em sua composição) de vidro (ks), enquanto a linha 4 é reservada aos SKUs carbonatados de alumínio (lata). Apesar de não serem objeto desse estudo, vale mencionar que tanto as linhas 1 quanto a 3 produzem itens PET e RefPet.

3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA A ANÁLISE

3.4.1 CUSTOS DE PREPARAÇÃO DA FABRICAÇÃO

Os custos de preparação da fabricação mapeados são relativos à preparação e manutenção da linha de acordo com o produto, enquanto esta estiver ligada. Basicamente, esses custos se enquadram nas seguintes categorias: matérias primas, serviços públicos e mão de obra, conforme Figura 12.

Figura 12- Custos de Preparação da Fabricação



Fonte: Autor (2016)

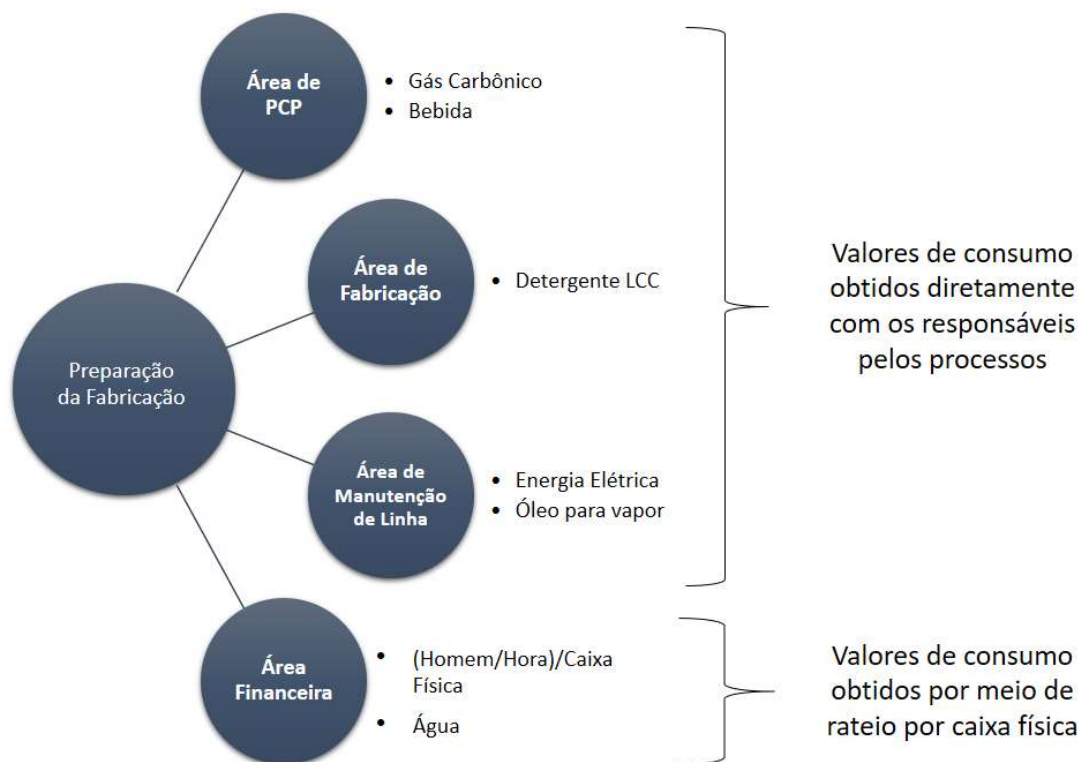
As variáveis de custos são as mesmas para os quatro SKUs estudados, visto que todos são refrigerantes com gás carbônico. A maior diferença se dá em relação às linhas de produção, pois o Refrigerante 1 é fabricado na linha 2 e os outros são fabricados na linha 4. Explica-se: para dar partida ou interromper a fabricação, cada linha possui valores praticamente fixos em relação às quantidades de bebidas desperdiçadas e de detergente para a limpeza da linha. Obviamente, dependendo da troca de sabor do refrigerante, pode-se necessitar um pouco mais de tempo para a preparação da linha, o que incorre em variações dos custos de mão de obra, água e energia elétrica. Estas variações serão explicadas nos tópicos subsequentes.

Em relação à coleta dos dados, foi necessária a visita em diversas áreas da empresa para o entendimento das variáveis e de seus valores, assim como a forma como algumas dessas variáveis são calculadas. Os custos decorrentes dos consumos foram obtidos de diferentes formas, e serão detalhados nos tópicos subsequentes.

A visita às linhas diretamente no processo de preparação da fabricação também foi fundamental para a visualização do uso dessas matérias primas.

Devido ao tamanho da empresa, quatro áreas funcionais foram identificadas para a obtenção dos dados desejados, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Dados por Área Funcional



Fonte: Autor (2016)

As variáveis “Água” e “(Homem/Hora)/Caixa Física” foram calculadas pelo método de Custeio por Absorção, isto é, o custo total da fabricação dos SKUs é rateado e absorvido por cada entidade formadora do custo.

No caso de “(Homem/Hora)/Caixa Física”, fez-se necessário o uso desse método pois não existe um indicador que pode ser definido previamente para a mão de obra por tempo de preparação da linha. Apenas a área financeira possui autorização para analisar os custos indiretos de mão de obra na fabricação.

Com relação à variável “Água”, a ordem natural seria a obtenção dos dados por meio de alguma área industrial. Entretanto, a quantidade de água usada para a preparação da fabricação não era medida sistematicamente (a

empresa está em vias de sistematizar um ponto de controle para a quantidade de água consumida). Assim, foi preciso novamente realizar um rateio para esta entidade de custo, e como foi feito para estimar a mão de obra, a água também foi rateada pelo tempo de caixa física de SKU produzida. Neste caso, separou-se o valor correspondente de água utilizada para preencher as garrafas do valor de água para a limpeza da linha (este último usado para o cálculo do custo de preparação).

Os tópicos a seguir detalharão os custos relacionados às matérias primas, aos serviços públicos e à mão de obra por tempo de lote.

3.4.1.1 MATÉRIAS PRIMAS

Trata-se dos insumos que são adquiridos pela empresa para preparar e fabricar os produtos (apenas as quantidades utilizadas na preparação da linha foram consideradas para o custo de preparação). Fazem parte das matérias primas: Gás Carbônico, Bebida desperdiçada na linha, Detergente LCC utilizado para a limpeza da linha e Óleo para geração de vapor na caldeira.

3.4.1.1.1 GÁS CARBÔNICO (CO₂)

Presente em todos os SKUs estudados, as funções do CO₂ nos refrigerantes estão relacionadas com a capacidade que o gás tem de influenciar o sabor e de diminuir a proliferação de micro-organismos aeróbios.

No processo de preparação da fabricação, cada SKU possui uma quantidade média de desperdício de CO₂ na linha associada à bebida que irá compor o custo total de preparação da fabricação. Em outras palavras, o CO₂ é desperdiçado por meio da bebida (xarope + concentrado + CO₂), porém os custos podem ser relacionados separadamente.

Essas quantidades estão relacionadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Custos com Gás Carbônico Desperdiçado (CO2)

Nome	Linha de Produção	Quantidade Desperdiçada (KG)	Preço por KG	Custo por preparação
Refrigerante 1	Linha 2	1,80	R\$ 0,35	R\$ 0,63
Refrigerante 2	Linha 4	0,96	R\$ 0,35	R\$ 0,34
Refrigerante 3	Linha 4	1,04	R\$ 0,35	R\$ 0,37
Refrigerante 4	Linha 4	1,40	R\$ 0,35	R\$ 0,49

Fonte: Autor (2016)

Logo, o custo de CO2 por preparação será a multiplicação da quantidade desperdiçada por seu preço/kg.

Vale lembrar que as quantidades de CO2 presentes em cada garrafa não fazem parte do custo de preparação da fabricação que ajudam a achar o valor numérico do LEF.

3.4.1.1.2 BEBIDAS

Por “Bebidas”, entende-se genericamente a mistura de xarope e concentrado, sem a necessidade de entrar nos detalhes químicos da solução.

Seguindo a mesma lógica para o cálculo do CO2, o custo considerado para bebidas levou em conta a quantidade desperdiçada por preparação de linha. Para o caso acima, o valor unitário de CO2 em cada unidade de produção é diferente, logo as quantidades desperdiçadas desse gás serão diferentes para cada item. Já em relação às bebidas, essas quantidades desperdiçadas são, em geral, fixas por linha. Assim, a quantidade desperdiçada para a linha 2 é independente do SKU produzido, bem como o desperdício de bebida na linha 4.

Em toda fabricação ocorre o desperdício ao ligar a linha e ao interromper a produção. A soma do desperdício na partida e na interrupção multiplicada pelo custo unitário (custo/litro) da bebida nos fornece o custo total do desperdício para cada item.

A Tabela 4 demonstra os valores relativos à bebida desperdiçada por SKU.

Tabela 4 – Custos com Bebida Desperdiçada

Nome	Linha de Produção	Quantidade de Litros para partir	Quantidade de litros para interromper	Custo da Bebida por Litro	Custo Total com Bebida
Refrigerante 1	Linha 2	320	200	R\$ 0,18	95,68
Refrigerante 2	Linha 4	200	80	R\$ 0,18	51,52
Refrigerante 3	Linha 4	200	80	R\$ 0,38	105,28
Refrigerante 4	Linha 4	200	80	R\$ 0,35	97,44

Fonte: Autor (2016)

3.4.1.1.3 DETERGENTE LCC

O detergente LCC é uma categoria de detergente disponível no mercado usado especialmente para limpeza de maquinário em indústrias, no processo de CIP (sigla para *Clean in Place*, que é a limpeza interna de uma peça ou equipamento sem relocação ou desmontagem).

O LCC se mistura à água (quantidade estimada no tópico 4.4.1.2.1) para fazer a limpeza em diferentes processos produtivos, de acordo com a Figura 14.

Figura 14 - Processos que necessitam de CIP



Fonte: Autor (2016)

Cada processo possui uma CIP. Para a linha 4 apenas três CIPs são realizadas, pois os insumos não passam pelo *Blender*. Já na linha 2 são realizadas 4 CIPs, devido à mistura adicional localizada neste *Blender*.

O processo de CIP consiste de diversos ciclos de lavagens que são circulados por meio de tanques, bombas, válvulas e outros equipamentos no fluxo do processo. Portanto, trata-se de um sistema inteligente que faz ajustes contínuos nas operações de modo a garantir bons níveis de desempenho, além de ser feita de forma automatizada, o que reduz o risco de erro humano.

O Detergente é adquirido por Kg. Dessa forma, o custo por preparação de cada SKU é a multiplicação dos valores de: quantidade de CIPs; quantidade de detergente inserida em cada CIP; valor unitário do Kg de detergente.

A Tabela 5 detalha esses valores.

Tabela 5 – Custos com Detergente

Nome	Linha de Produção	Quantidade de CIPs	Quantidade de Kg de Detergente por CIP	Valor por Kg	Valor por Preparação
Refrigerante 1	Linha 2	4	16	R\$ 1,35	R\$ 86,53
Refrigerante 2	Linha 4	3	16	R\$ 1,35	R\$ 64,90
Refrigerante 3	Linha 4	3	16	R\$ 1,35	R\$ 64,90
Refrigerante 4	Linha 4	3	16	R\$ 1,35	R\$ 64,90

Fonte: Autor (2016)

3.4.1.1.4 ÓLEO PARA VAPOR

As funções gerais do vapor nas linhas de produção da empresa podem ser identificadas da seguinte maneira: a) aumentar a temperatura de matérias primas que precisam ser diluídas, por exemplo o açúcar; b) aumentar a temperatura da água que é usada nas CIPs; c) aquecer as garrafas e latas após o processo de envase.

Para que o vapor seja gerado, é preciso aquecer um tipo de óleo na caldeira. Considerando que foi possível obter apenas o consumo médio de óleo por mês, e a mesma caldeira é utilizada para todas as linhas, é possível fazer uma estimativa de consumo de óleo dividindo-se o valor médio consumido mensalmente por dia útil de fabricação (considerando seis dias de fabricação na semana), conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Preço e Quantidade Médios de óleo para vapor

Preço Médio por Kg	R\$ 0,58
Quantidade Mensal Média (Kg)	1947,10
Quantidade Diária Média (Kg)	77,8
Quantidade Diária Média por Linha (Kg)	19,4

Fonte: Brasal Refrigerantes (2016)

Com a média diária por linha em mãos, podemos estimar o consumo de óleo dos SKUs estudados a partir das horas médias de preparação de fabricação de cada um, por meio de uma regra de três. Para isso, partiu-se da informação que um dia de produção constitui de dois turnos de 8h (total de 16h).

Assim, para achar a quantidade média de óleo usada para o refrigerante 1, por exemplo:

16h de fabricação ----- 19,4 Kg de óleo
 3h de preparação da fabricação ----- x Kg de óleo

Tabela 7 - Custos com Óleo para Vapor

Nome	Linha de Produção	Horas de preparação (hr)	Quantidade Média de Óleo (KG)	Custo Médio com Óleo
Refrigerante 1	Linha 2	3	3,6	R\$ 2,13
Refrigerante 2	Linha 4	2	2,4	R\$ 1,40
Refrigerante 3	Linha 4	2	2,4	R\$ 1,40
Refrigerante 4	Linha 4	2	2,4	R\$ 1,40

Fonte: Autor (2016)

Deste modo, o custo médio com o óleo é o resultado da multiplicação do preço unitário do óleo pela quantidade média utilizada para aquele SKU.

3.4.1.2 SERVIÇOS PÚBLICOS

O serviço público é um conjunto de atividades e serviços ligados à administração estatal, por meio de seus agentes e representantes, e que podem ser exercidos por entidades públicas e privadas.

Dentre os serviços disponíveis, os que são usados na preparação da fabricação são: rede de água e eletricidade.

3.4.1.2.1 ÁGUA

Conforme mencionado anteriormente, o custo incorrido com água foi obtido por meio de rateio, pelo método de custeio por absorção. Isso foi feito devido à falta de informações diretamente de indicadores da indústria. Desta forma, trata-se de um valor aproximado obtido juntamente com a área financeira. Esse valor é estimado por caixa física, e inclui a água necessária para limpeza dos equipamentos e para compor o refrigerante por garrafa.

Posto isso, foi necessário ainda separar, por estimativa, a quantidade de água usada para limpeza e a quantidade de água usada para preencher o produto.

Apesar de não termos ainda a informação do volume de água total, sabe-se que a quantidade usada para o tempo de preparação corresponde à 7% do total da água consumida no tempo de produção total, dentro do valor rateado. Portanto, os valores na Tabela 8 correspondem ao percentual de 7%.

Tabela 8 - Custos com Água Usada na Preparação

Nome	Linha de Produção	Custo estimado de água para limpeza por caixa	Lote Médio	Custo estimado por preparação
Refrigerante 1	Linha 2	R\$ 0,029	547	R\$ 16,05
Refrigerante 2	Linha 4	R\$ 0,003	8575	R\$ 24,41
Refrigerante 3	Linha 4	R\$ 0,002	8327	R\$ 15,00
Refrigerante 4	Linha 4	R\$ 0,002	6874	R\$ 15,64

Fonte: Autor (2016)

Assim, para a preparação da fabricação do refrigerante 1 podemos multiplicar R\$ 0,029 pelo lote médio de produção de caixas físicas desse SKU. O resultado pode ser entendido da seguinte forma: para um custo de água usada nas CIPs estimado por caixa física, no tempo de produção correspondente a 547 caixas físicas, foi incorrido um valor de R\$ 16,05 de água em sua preparação.

3.4.1.2.2 ENERGIA ELÉTRICA

A quantidade de energia elétrica considerada para o custo de preparação da fabricação é medida em Quilowatt-Hora (KWh), de acordo com o tempo médio da linha que está em processo de preparação para o SKU que for considerado.

Por conseguinte, as figuras abaixo, extraídas do sistema de programação da empresa, exemplificam como foram feitas as coletas dos dados de energia e de tempo de preparação. Primeiramente, podemos visualizar alguns dos tempos de fabricação e de preparação (troca de setup, como está no sistema da empresa) de cada SKU, bem como o rendimento desse lote (% abaixo ou acima do planejado). Vale ressaltar que as figuras abaixo são uma parte da amostra coletada, 5 tempos para cada item (amostra de 20 tempos).

Figura 15 - Tempo de Setup do Refrigerante 1



Fonte: Autor (2016)

O círculo na Figura 15 representa o tempo de preparação para produzir o refrigerante 1. Em roxo, temos o tempo efetivo da fabricação, e em verde temos a quantidade real de caixas produzidas, em comparação com a planejada. Além disso, conforme explicado anteriormente, os dados em preto foram omitidos para que não se revele os valores reais de fabricação.

Os tempos representam valores em horas por um dia de fabricação. No exemplo acima, temos um tempo entre 2 e 3 horas para o setup.

Figura 16 - Tempo de Setup do Refrigerante 2



Fonte: Autor (2016)

Aqui, existe um tempo de Setup de aproximadamente 2 horas.

Figura 17 - Tempo de Setup do Refrigerante 3



Fonte: Autor (2016)

Para o Refrigerante 3, neste caso, novamente um tempo de Setup de aproximadamente 2 horas.

Figura 18 - Tempo de Setup do Refrigerante 4



Fonte: Autor (2016)

Por fim, como a fabricação do Refrigerante 4 ocupa um tempo maior no sistema de programação, não é possível identificar visualmente o tempo de setup. Porém, de acordo com a média dos dados coletados, temos um tempo de setup de 2 horas.

Com os tempos de preparação em mãos, pode-se chegar a um valor médio de KWh para a fabricação de cada SKU. Vale ressaltar que o perfil de consumo na linha 2 é um pouco diferente da linha 4 (a linha 2 consome mais KWh em um mesmo intervalo de tempo).

Os resultados podem ser vistos na Tabela 9.

Tabela 9 - Custos com Energia Elétrica por Preparação

Nome	Linha de Produção	Energia elétrica (KWh)	Valor da tarifa (R\$/KWh)	Custo por preparação (R\$)
Refrigerante 1	Linha 2	219,47	R\$ 0,17	R\$ 37,49
Refrigerante 2	Linha 4	79,756	R\$ 0,17	R\$ 13,62
Refrigerante 3	Linha 4	74,52	R\$ 0,17	R\$ 12,73
Refrigerante 4	Linha 4	157,5	R\$ 0,17	R\$ 26,90

Fonte: Autor (2016)

O custo com energia elétrica é dado então pela multiplicação do valor unitário da tarifa pela quantidade de energia consumida no tempo médio de preparação de cada SKU.

3.4.1.3 MÃO DE OBRA

A mão de obra indireta é representada pelo trabalho nos departamentos auxiliares na indústria ou prestadores de serviços, algo que não é mensurável explicitamente em nenhum produto ou serviço executado. Exemplos desse custo seriam: mão de obra de supervisores, controle de qualidade e manutenção de máquinas e equipamentos.

Para mensurar o custo com mão de obra no processo de preparação da produção dos refrigerantes estudados, algumas inferências foram realizadas a partir de um custo total.

Após observarmos a Tabela 10, o entendimento fica mais fácil.

Tabela 10 - Custo de Mão de Obra Durante a Preparação

Nome	Linha	Quantidade Média de Caixas Físicas Produzidas por Lote	Custo Mão de Obra/Caixa Física	Custo Mão de Obra Durante Todo o Processo (Preparação + Fabricação)	Percentual do Tempo Gasto na Preparação	Custo de Mão de Obra durante a Preparação
Refrigerante 1	Linha 2	547	R\$ 0,78	425,1	60%	R\$ 255,06
Refrigerante 2	Linha 4	8575	R\$ 0,10	887,5	50%	R\$ 443,76
Refrigerante 3	Linha 4	8327	R\$ 0,07	582,9	33%	R\$ 192,35
Refrigerante 4	Linha 4	6874	R\$ 0,08	549,9	22%	R\$ 120,98

Fonte: Autor (2016)

A coluna “Custo Mão de Obra/Caixa Física” nos fornece o valor rateado por caixa física da mão de obra durante a preparação e durante a fabricação do refrigerante.

Todavia, apenas nos interessa o valor da mão de obra durante o tempo de preparação. Desta forma, temos que relacionar a quantidade de tempo médio gasta na preparação de cada refrigerante com a quantidade de tempo média durante a fabricação.

Para isso, utilizou-se os dados do sistema de PCP da empresa, conforme figuras 15, 16, 17 e 18 do tópico 4.4.1.2.2.

Feita essa relação, descobriu-se, por exemplo, que para fabricar o Refrigerante 1, 60% do tempo são gastos no processo de preparação. Multiplicando-se esse percentual pelo valor total de mão de obra, chega-se a um custo de R\$ 255,06 para se preparar a fabricação do SKU.

3.4.1.4 CONSOLIDAÇÃO DOS CUSTOS DE PREPARAÇÃO DA FABRICAÇÃO

Listados todos os custos incorridos no processo de preparação da fabricação, basta relacionarmos cada refrigerante com cada custo e somá-los, conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Custos totais de preparação

	Custo	Refrigerante 1	Refrigerante 2	Refrigerante 3	Refrigerante 4
Matérias Primas	CO2 desperdiçado	R\$ 0,63	R\$ 0,34	R\$ 0,37	R\$ 0,49
	Bebida desperdiçada	R\$ 95,68	R\$ 51,52	R\$ 105,28	R\$ 97,44
	Óleo para vapor	R\$ 2,13	R\$ 1,40	R\$ 1,40	R\$ 1,40
	Detergente	R\$ 86,53	R\$ 64,90	R\$ 64,90	R\$ 64,90
Serviços Públicos	Água	R\$ 16,05	R\$ 24,41	R\$ 15,00	R\$ 15,64
	Energia Elétrica	R\$ 37,49	R\$ 13,62	R\$ 12,74	R\$ 26,90
Mão de Obra	Homem/Hora	R\$ 255,06	R\$ 443,76	R\$ 192,35	R\$ 120,98
	Total	R\$ 493,57	R\$ 599,95	R\$ 392,04	R\$ 327,75

Fonte: Autor (2016)

3.4.2 CUSTO UNITÁRIO DE ARMAZENAGEM

Até aqui já foram definidas todas as variáveis relativas à preparação da fabricação. O próximo passo é definir o custo unitário de armazenagem para os refrigerantes estudados, assim como as etapas para o seu cálculo final.

Para começar, foi identificado que a área financeira realizara um projeto no começo do ano de 2016 para transformar em custos as atividades relativas ao funcionamento do estoque de produtos acabados (SKUs produzidos e comprados de fora), correspondente ao período de um ano. Neste trabalho foram incluídos todos os segmentos de produtos da empresa: carbonatados, não carbonatados, cervejas e águas. Porém, pelo fato desse estudo contemplar apenas os refrigerantes, os custos considerados foram do segmento “carbonatados”.

Isto posto, dividindo-se em três passos o cálculo do custo unitário de armazenagem, tem-se:

- 1) mapear atividades (operações) do estoque de acabados;
- 2) definir direcionadores de recursos para atividades;
- 3) consolidar custos por segmentação;

Todas as etapas estão baseadas no método de Custeio ABC, e serão detalhadas nos tópicos seguintes.

3.4.2.1 MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES DO ESTOQUE DE ACABADOS

As atividades que compõe custo do estoque de acabados foram divididas em duas categorias: operações de pátio e atividades de suporte.

As operações de pátio incluem os seguintes tipos de custos:

- Mão de obra para movimentação do produto;
- Aluguel do espaço para uma caixa física;
- Custo de capital do espaço destinado ao estoque (método WACC);
- Manutenção de empilhadeiras e outros equipamentos utilizados para a movimentação;

Já as atividades de suporte incluem todos os custos administrativos que estão por trás da operação de estoque, sendo mais restritos à mão de obra administrativa dedicada ao estoque e sistemas de informação.

As atividades estão detalhadas no Quadro 2.

Quadro 2: Atividades para Custeio ABC

Categoria de Atividades	Atividades	Detalhamento
Operações de Pátio	Picking	Área destinada ao armazenamento inteligente (pedidos picados)
	Atendimento Indústria	Área destinada ao armazenamento dos Produtos Acabados que saem das Linhas de Produção
	Recargas	Carregamento da Frota com pedidos com impossibilidade de entregar em rota única
	Descarregamento (Logística Reversa)	Triagem de Chapatex, Pallets, Vasilhames
	Carregamento Frotas (Rota e AS)	Carregamento dos caminhões conforme pedidos e rotas definidos
	Retorno Frotas	Retorno de Produtos não entregues e Produtos avariados. Os não entregues, em boas condições, são armazenados e os avariados, são reembalados (se as unids. estiverem em boas condições) ou descartados (se as unids. estiverem avariadas).
	Manutenção Frota	Manutenção Empilhadeiras
Atividades de Suporte	Suporte - Operação	Inerente a parcela do administrativo do estoque dedicada a Operação
	Suporte - Planejamento e Controle	Inerente a parcela do administrativo do estoque dedicada ao Planejamento e Controle

Fonte: Autor (2016)

3.4.2.2 DEFINIÇÃO DOS DIRECIONADORES DE RECURSOS PARA ATIVIDADES

Nesta parte, foram definidos os percentuais de custos fixos e de ativos relacionados à cada atividade, bem como a quantificação financeira de cada um dos dois.

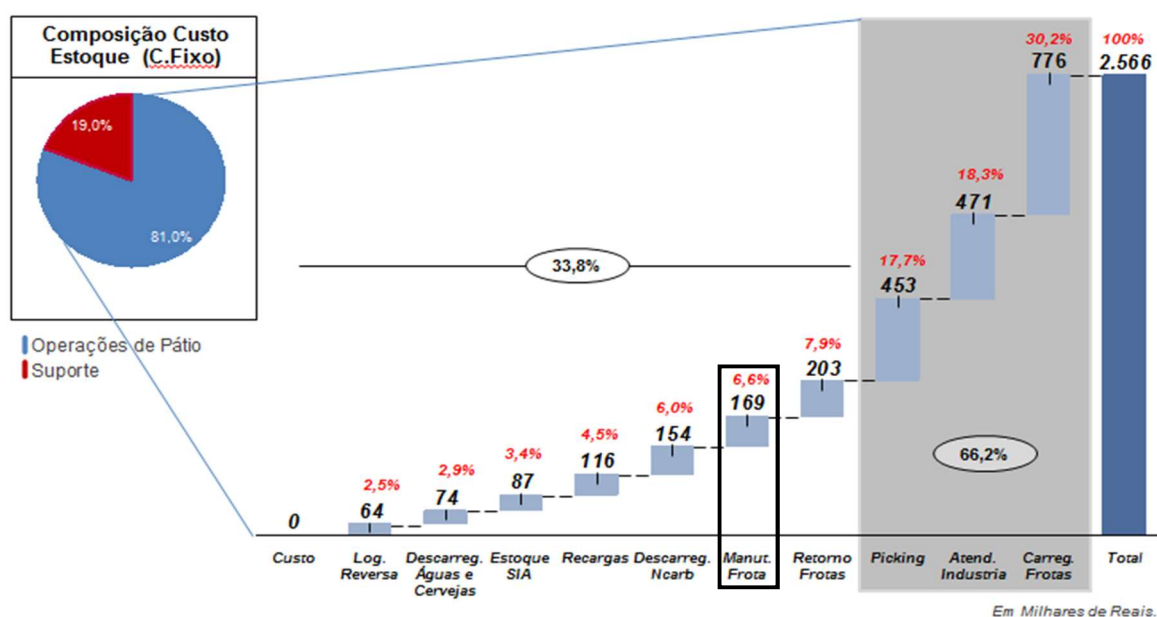
Quadro 3: Custos Fixos e Custos com Ativos

Custo Fixo	Exemplo: Gasto de Pessoal alocado para as atividades conforme Diretorador de Mão de Obra (Alocação de Pessoas por Atividade x Valor).
Ativos	Direcionadores que melhor representam o consumo dos Ativos Imobilizados pelas Atividades. Exemplo: Empilhadeiras foram rateadas conforme quantidade destinada para cada atividade.

Fonte: Autor (2016)

As figuras 19 e 20 representam a composição dos custos fixos totais e de ativos totais, e detalham o percentual destes custos que se referem às operações de pátio e às atividades de suporte, bem como os valores relativos à cada atividade em milhares de reais.

Figura 19 - Composição do Custo Fixo de Estoque

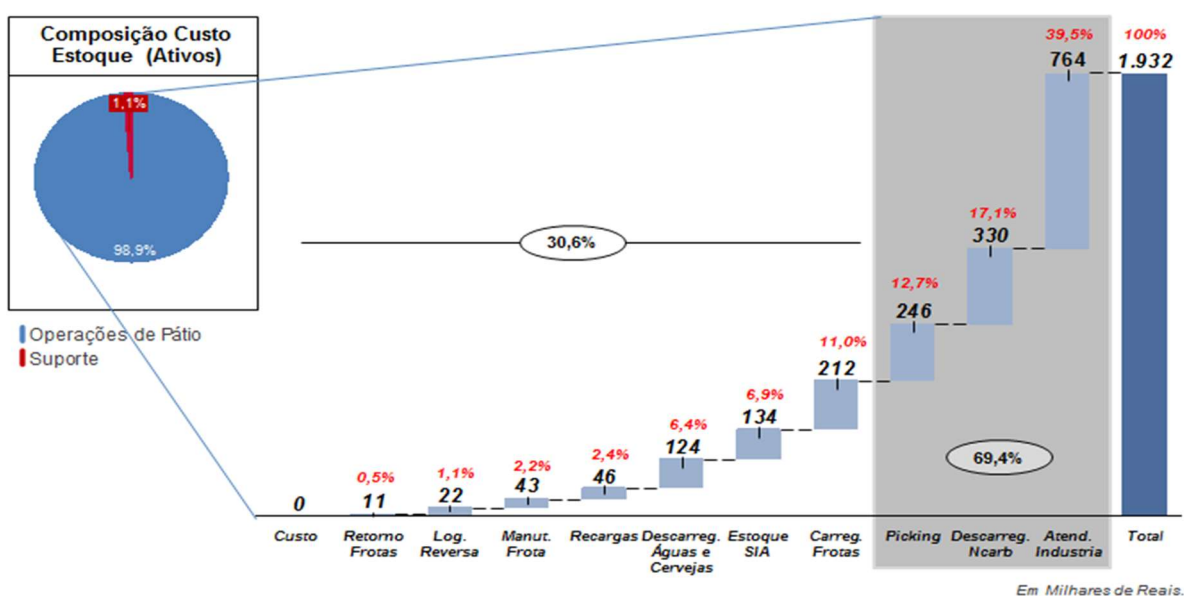


Fonte: Brasal Refrigerantes (2016)

Para exemplificar, na Figura 19 acima temos que o custo fixo anual com a atividade “Manutenção de Frotas” (quadriculado) é de R\$ 169 000, incluindo equipamentos, mão de obra, depreciação da frota e outros. Desse valor, cerca de R\$ 32 110 (19%) representa o custo dessa atividade com Suporte e R\$ 136 890 (81%) com as operações de pátio.

A maior parte do custo fixo total está nas atividades: Picking, Atendimento à Indústria e Carregamento de Frotas (apenas as três representam 66,2% dos custos fixos)

Figura 20 - Composição do Custo de Ativos de Estoque



Fonte: Brasal Refrigerantes (2016)

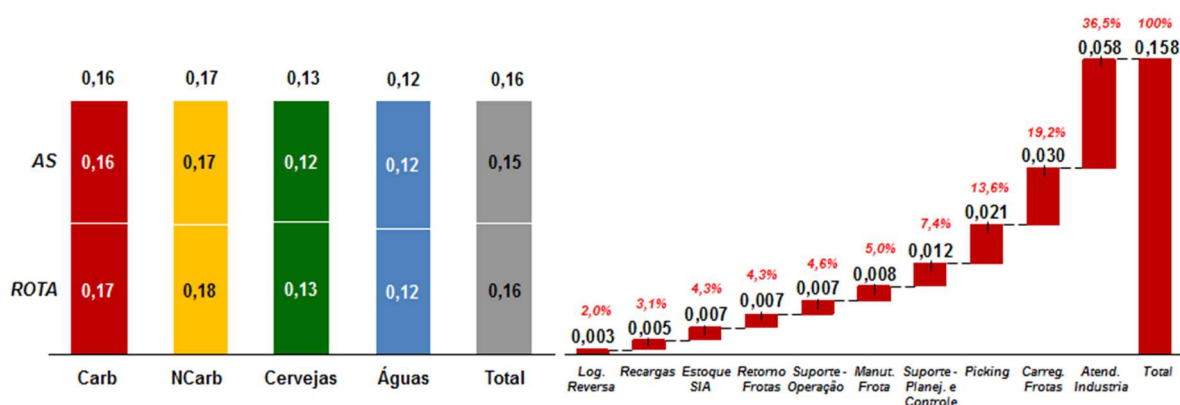
A Figura 20 segue a mesma lógica, porém para os custos relativos aos ativos, por exemplo o custo gasto com troca de empilhadeiras para as atividades de picking e atendimento à indústria.

3.4.2.3 CONSOLIDAÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO DE ARMAZENAGEM

Após a monetização de todas as atividades relativas ao estoque, foi dividido o valor de cada uma pelo total de caixas físicas disponíveis em um dia do estoque médio da empresa.

Os resultados por segmentos podem ser visualizados na Figura 21.

Figura 21 - Resultados dos Custos de Estoque por Segmentos



Fonte: Brasal Refrigerantes (2016)

O detalhamento em vermelho, à direita, é a soma de todos os custos unitários, derivados dos custos fixos totais e de ativos totais. Os valores podem ser melhor visualizados na Tabela 12.

Tabela 12 - Custos Unitários de Armazenagem

Atividades	Custos Unitários (Caixa Física)
Logística Reversa	R\$ 0,003
Recargas	R\$ 0,005
Estoque do SIA	R\$ 0,007
Retorno Frotas	R\$ 0,007
Suporte Operação	R\$ 0,007
Manutenção de Frota	R\$ 0,008
Suporte - Planejamento e Controle	R\$ 0,012
Picking	R\$ 0,021
Carregamento de Frotas	R\$ 0,030
Atendimento à Indústria	R\$ 0,058
Total	R\$ 0,160

Fonte: Autor (2016)

Existem dois valores para o custo de estoque: um relacionado ao “auto-serviço” (AS) (assim chamada a entrega para supermercados e atacadistas), o outro relacionado à “rota” (entrega para a maior parte dos pontos de venda).

Esses valores são diferentes pois, para o auto-serviço, em geral, as entregas são realizadas em paletes completos, o que incorre em menos operações dentro do estoque e conseqüentemente um custo unitário um pouco menor. Já para as rotas a maior parte dos paletes são mistos.

Após somar todos os custos unitários das atividades, adotaremos como custo unitário de armazenagem o valor de R\$ 0,165 considerando que existem os dois valores totais para os dois tipos de rotas mencionados acima (R\$ 0,16 e R\$ 017).

3.4.3 DEMANDA MÉDIA E PRAZO DE VALIDADE

A demanda média para todos os SKUs da empresa é prevista para os próximos três meses de uma data determinada, porém mensalmente ela é atualizada baseada nas vendas correntes. A variação na previsão a cada atualização não sofre grandes mudanças em média. Historicamente, o departamento de Gestão de Vendas e Operações (S&OP) tem trabalhado com uma boa acurácia em suas previsões, incluindo sazonalidades da demanda.

Deste modo, os valores utilizados para as variáveis de demanda diária (d), demanda mensal (DM) e demanda anual (DA) foram obtidos por meio da previsão de demanda para os últimos três meses do ano de 2016, realizada no mês de setembro de 2016.

Tabela 13 - Previsão de Demanda dos SKUs

Nome	Linha de Produção	Demanda Diária (d) em Caixas Físicas	Demanda Mensal (DM) em Caixas Físicas	Demanda Anual (DA) em Caixas Físicas
Refrigerante 1	Linha 2	6	160	1920
Refrigerante 2	Linha 4	110	2750	33000
Refrigerante 3	Linha 4	100	2490	29880
Refrigerante 4	Linha 4	109	2720	32640

Fonte: Autor (2016)

Já em relação ao prazo de validade dos produtos, trata-se de uma informação importante que garante sua qualidade por um período seguro para o consumo, sendo regulamentado pela legislação brasileira para garantir o fornecimento completo e adequado ao consumidor.

O prazo de validade para cada um dos quatro refrigerantes é de 180 dias. Conseqüentemente, ao passar de 120 dias (2/3 da validade) em estoque a empresa dificilmente conseguirá vendê-los para os grandes clientes (supermercados, atacadistas etc.).

Esse dado será relevante para se definir a frequência de fabricação dos lotes.

3.4.4 ESTOQUES DE SEGURANÇA

Neste trabalho, calculou-se o estoque de segurança de cada SKU antes do próprio LEF, visto que é um estoque independente do tamanho do lote, pois leva em conta o desvio padrão da demanda e do tempo de espera de produção (todos os SKUs estudados aqui são produzidos em apenas um dia, portanto não há variação no tempo de espera para produzir os 4 refrigerantes pesquisados).

$$E_{seg} = FS \times \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2}$$

Tendo a equação acima como modelo, podemos calcular os tamanhos do estoque de segurança para um nível de serviço de 99,0 % (Tabela 1, tópico 3.2.2), tempo de produção igual a 1 (todos os SKUs estudados são produzidos em apenas 1 dia) e a demanda diária (tópico 4.4.3) com suas variações (desvios padrões). O desvio padrão da demanda para cada SKU fora calculado para um intervalo de 3 meses.

Vale observar que os níveis de serviço na empresa variam de acordo com o segmento do produto. Se for refrigerante, a empresa adota um nível de serviço maior para itens C do que para cervejas classe C, por exemplo.

- Refrigerante 1: $E_{seg} = 2,33 \times \sqrt{3,2^2 * 1 + 1^2 * 6^2} \cong 16$ caixas físicas
- Refrigerante 2: $E_{seg} = 2,33 \times \sqrt{38,4^2 * 1 + 1^2 * 110^2} \cong 271$ caixas físicas
- Refrigerante 3: $E_{seg} = 2,33 \times \sqrt{39,2^2 * 1 + 1^2 * 100^2} \cong 250$ caixas físicas
- Refrigerante 4: $E_{seg} = 2,33 \times \sqrt{60,8^2 * 1 + 1^2 * 109^2} \cong 291$ caixas físicas

3.4.5 TAXAS DE CONSUMO E TAXAS DE FABRICAÇÃO

As taxas de consumo e de fabricação relacionam a quantidade média produzida na linha com o que está sendo consumido, ou seja, a demanda em um período considerado.

Os refrigerantes 1, 2 e 3 são produzidos, em média, quatro vezes ao ano, enquanto o refrigerante 4 na periodicidade de cinco vezes ao ano, conforme Tabela 13.

Tabela 14 - Taxas de consumo e fabricação

Nome	Periodicidade de Fabricação	Taxa de Fabricação (p)	Taxa de Consumo (d)	1- (d/p)
Refrigerante 1	4 vezes ao ano	547	160	0,71
Refrigerante 2	4 vezes ao ano	8575	2750	0,68
Refrigerante 3	4 vezes ao ano	8327	2490	0,70
Refrigerante 4	5 vezes ao ano	6874	2720	0,60

Fonte: Autor (2016)

3.4.6 VALIDADE E PERFIL DE COMPRA DE CADA SKU

De acordo com o objetivo deste trabalho, deseja-se obter o lote que irá minimizar os custos e maximizar os ganhos da empresa. Assim, será verificado se o método do LEF desenvolvido neste trabalho irá se aplicar ao contexto da Brasal Refrigerantes.

Posto isso, existe uma variável que não está abarcada na fórmula do LEF, porém deve ser levada em consideração neste contexto: validade dos refrigerantes. Isto significa que, para a empresa, não basta que o lote econômico minimize os custos de fabricação e de estocagem, mas também minimize os produtos que se perdem por ultrapassarem a validade aceita pelo cliente.

Assim, foi feito um levantamento por meio dos sistemas ERP da empresa sobre qual a quantidade de cada SKU é entregue para qual tipo de cliente. O motivo deste levantamento se justifica pelo perfil de compra de cada tipo cliente, conforme explicado no tópico 4.4.2.3: os clientes das rotas “auto serviço (As)” aceitam apenas refrigerantes com no máximo 2/3 da validade, o que representa 4 meses, enquanto os clientes das rotas “Rota” aceitam refrigerantes até o limite de seu vencimento, que é de 6 meses. A tabela 14 mostra os percentuais.

Tabela 15 - Percentual de Entregas por Tipos de Clientes

Percentual de entregas por tipos de clientes		
Nome	As	Rota
Refrigerante 1	1%	99%
Refrigerante 2	8%	92%
Refrigerante 3	28%	72%
Refrigerante 4	26%	74%

Fonte: Autor (2016)

Para o Refrigerante 1, praticamente todas as entregas são feitas aos clientes “Rota”. Isto significa que devem existir ao menos duas fabricações deste SKU por ano (cada fabricação abrange 6 meses de validade neste caso).

Em contrapartida, os Refrigerantes 2, 3 e 4 possuem um percentual considerável de entregas às rotas “As”, ainda que não seja a maioria. De qualquer maneira, devem existir ao menos três fabricações por ano para cada um (neste caso, cada fabricação abrange 4 meses de validade). Os critérios para a fabricação como ocorre hoje não são padronizados para todos os SKUs e variam muito de acordo com as vendas. Porém, para os casos estudados, pode-se dizer que até a metade do ano de 2016 o critério a ser priorizado era a utilização máxima dos insumos de cada produto, o que ocasionava em um lote muitas vezes muito maior que a demanda. A partir da segunda metade de 2016, tentou-se alinhar melhor com a demanda passada pelo S&OP, aumentando o número de fabricações e conseqüentemente reduzindo o tamanho dos lotes.

4. RESULTADOS

Após a descrição de todos os fatores, custos e aspectos necessários para o cálculo do LEF, finalmente será possível encontrar os valores que, em teoria, otimizam os custos de fabricação e de estoque para os SKU aqui analisados.

Com essa análise, será possível identificar ainda se realmente é vantajoso para a empresa, na ótica financeira, continuar fabricando cada um desses itens, e em caso positivo, de que forma melhor atenda às necessidades da empresa.

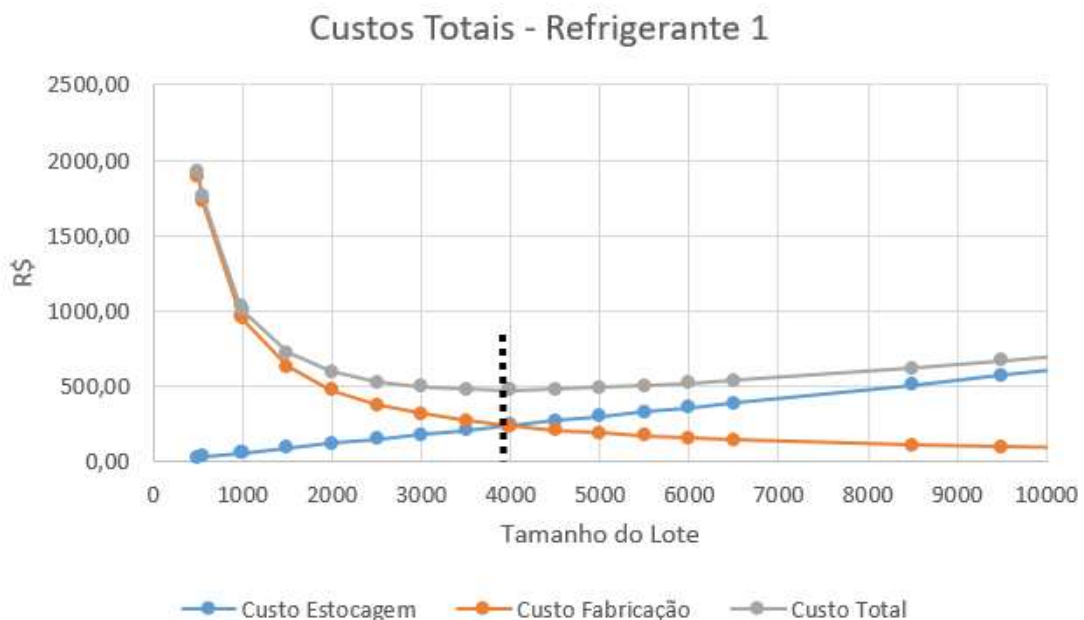
4.1 REFRIGERANTE 1

Aplicando a fórmula, temos o seguinte resultado para o Refrigerante 1:

$$LEF = \sqrt{\frac{2 \times 493,57 \times 1920}{0,17 \times (1 - (\frac{160}{547}))}} \cong 3969,65 \text{ Caixas Físicas}$$

É possível comprovar o resultado por meio do gráfico (feito em excel) na Figura 22.

Figura 22 - Custos Totais do Refrigerante 1



Fonte: Autor (2016)

A quantidade encontrada minimiza os custos totais (custo para estocar + custo para fabricar).

Por meio do LEF, o custo mínimo mostrado no gráfico é:

$$Ct = \frac{Ce \times LEF \times (p - d)}{2 \times p} + \frac{Cp \times D}{LEF} = R\$ 238,72 + R\$ 238,72 = R\$ 477,44$$

Apesar de apresentar o menor custo total, o lote obtido pela fórmula supõe uma única fabricação durante o ano, visto que é um lote muito maior do que a demanda anual (demanda anual: 1920 caixas físicas). A fórmula nos deu esse valor pois trata-se de um SKU de demanda pequena, logo quanto menos se fabrica, maiores são os custos totais. Daqui vem a primeira conclusão do trabalho: lotes de produção muito pequenos se tornam inviáveis muitas vezes, a menos que os valores obtidos pelas vendas compensem.

Considerando que cada caixa física do Refrigerante 1 possui um preço médio de venda de R\$ 12,70, podemos mensurar o quanto a empresa ganharia ou perderia com o LEF obtido pela fórmula.

Colocando em números, temos os seguintes dados:

Tabela 16 - Resultado Financeiro do LEF para o Refrigerante 1

LEF	Produtos Perdidos com o Lote considerando validade de 6 meses	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 1 fabricação (Preparação + Estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional no ano
3969,67	2993,67	R\$ 75.836,02	R\$ 477,45	R\$ 12.192,00	-R\$ 64.121,47

Fonte: Autor (2016)

O prejuízo financeiro relativo à perda de produtos se refere à soma das caixas que se perdem por conta da validade e das que não são vendidas simplesmente pela oferta do LEF ser maior que a demanda. A esta soma foi subtraída a quantidade reservada ao estoque de segurança e o resultado foi multiplicado pelo valor médio de venda.

O resultado para esse LEF é a receita com a venda em um ano menos o prejuízo com a perda de produtos e o custo total com uma fabricação, ocasionando um prejuízo operacional anual de - R\$ 64.121,47.

Em consequência, devemos realizar uma análise para encontrarmos o lote que apresente o melhor resultado financeiro, considerando os prazos de validade do produto.

Para isso, devemos partir da premissa que o melhor resultado financeiro seja superior ao que a empresa obtém atualmente. O resultado estimado atual está representado na tabela 16.

Tabela 17 - Resultado Financeiro do Lote Atual para o Refrigerante 1

Lote como é Hoje	Produtos Perdidos em um ano	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 4 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional no ano
547,4	206	R\$ 2.611,12	7058,92	R\$ 24.384,00	R\$ 14.713,96

Fonte: Autor (2016)

Atualmente, o Refrigerante 1 é fabricado a uma média de quatro vezes ao ano. Se desconsiderarmos o estoque de segurança (Estoque de segurança = 16 caixas para cada lote fabricado) como item perdido, existe uma média de 51,4 (67,4 – 16 do estoque de segurança) caixas desperdiçadas por lote, totalizando 206 desperdícios ao longo do ano.

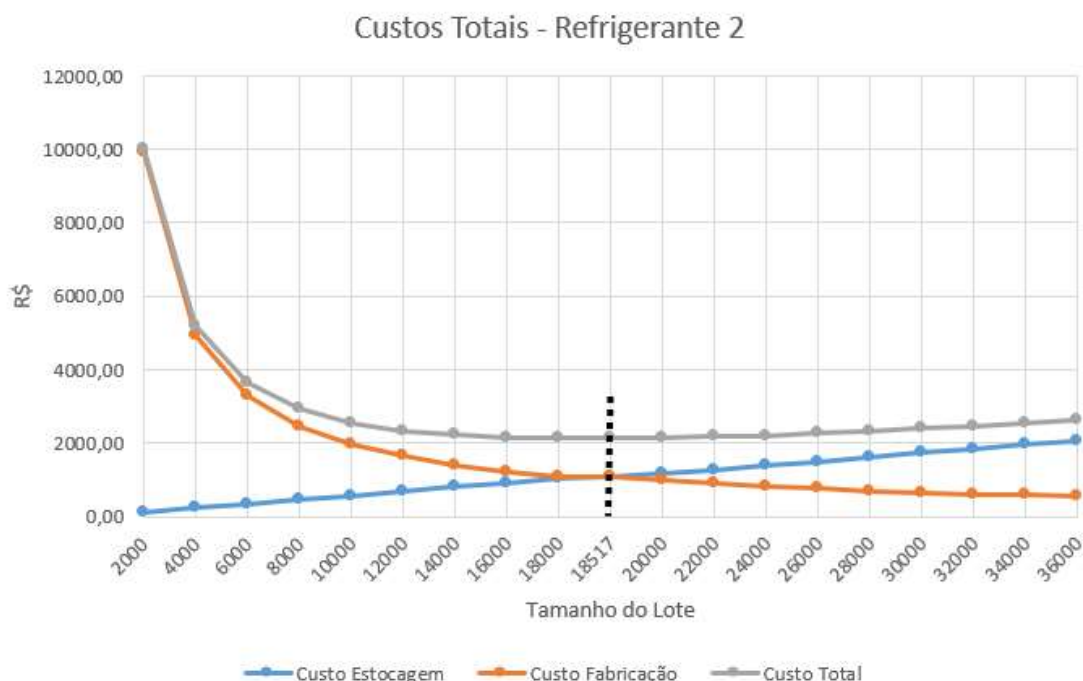
Trata-se de um resultado financeiro melhor do que o proporcionado pelo LEF, porém com oportunidade de melhores resultados devido à grande proporção de perdas de produtos. Assim, foi desenvolvido um outro método para o cálculo do LEF, que pode ser visto no capítulo 6 deste trabalho.

4.2 REFRIGERANTE 2

Aqui, temos o seguinte resultado com a aplicação da fórmula:

$$LEF = \sqrt{\frac{2 \times 599,95 \times 33000}{0,17 \times \left(1 - \left(\frac{2750}{8575}\right)\right)}} \cong 18517,08 \text{ Caixas Físicas}$$

Figura 23 - Custos Totais do Refrigerante 2



Fonte: Autor (2016)

Por meio do LEF, o custo mínimo apresentado no gráfico é:

$$C_t = \frac{C_e \times LEF \times (p - d)}{2 \times p} + \frac{C_p \times D}{LEF} = R\$ 1069,18 + R\$ 1069,18 = R\$ 2138,38$$

O LEF encontrado para o Refrigerante 2 se aproxima da demanda e supõe duas fabricações ao longo do ano. Todavia, diferentemente do caso do Refrigerante 1, existe uma parcela considerável de clientes que só aceitam comprar se a validade estiver com no máximo 4 meses. Assim, faz-se necessário uma quantidade mínima de 3 fabricações ao ano.

Para verificarmos os resultados, temos que lançar mão novamente dos cenários com o LEF, com o que ocorre hoje e com um Lote Econômico Alternativo se necessário.

Tabela 18 - Resultado Financeiro do LEF para o Refrigerante 2

LEF	Produtos Perdidos com o Lote para 6 meses de validade	Produtos Perdidos com o Lote para 4 meses de validade	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 2 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade no ano	Lucro/Prejuízo Operacional no ano
18517,08	1848,36	168,72	R\$ 19.032,28	R\$ 4.276,40	R\$ 179.850,00	R\$ 156.541,32

Fonte: Autor (2016)

Cada LEF produzirá um desperdício de aproximadamente 2017 caixas físicas (1848,36 + 168,72), divididas na tabela 18 em 6 e 4 meses de validade. Para encontrar os valores desperdiçados para 4 meses, por exemplo, subtraíse o percentual de fabricação destinado aos clientes “As” do que é realmente demandado por estes clientes. Ainda assim, confirmando-se as vendas projetadas para o ano com um preço médio de venda de R\$ 5,45, produziria um lucro operacional de R\$ 156.541,32.

Comparando o resultado financeiro obtido pelas produções como ocorrem hoje, tem as tabelas 19 e 20.

Tabela 19 - Resultado Financeiro do Lote Atual para o Refrigerante 2

Lote como é Hoje	Produtos Perdidos por Lote	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 4 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade no ano	Lucro/Prejuízo Operacional no ano
8575	325	R\$ 1.177,20	R\$ 11.215,88	R\$ 179.850,00	R\$ 167.456,92

Fonte: Autor (2016)

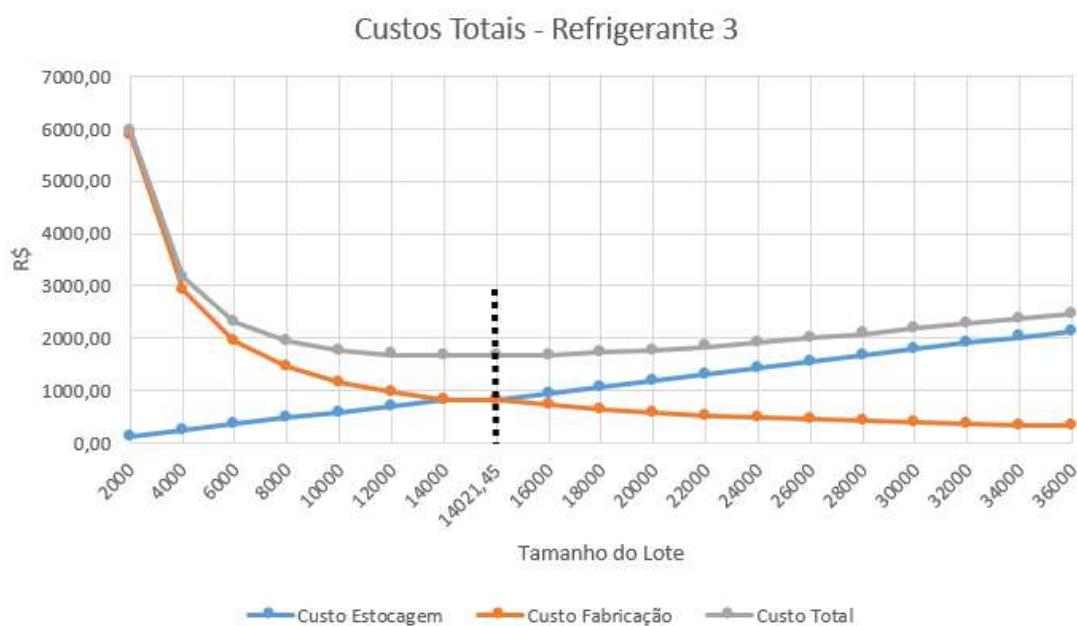
Neste cenário, a empresa produz em média quatro vezes ao ano, o que evita preocupações com os prazos de validade. Podemos perceber também que o desperdício é bem menor do que com o LEF. Por outro lado, o custo com 4 fabricações é bastante oneroso. Mesmo assim, existe uma vantagem de R\$ 10.915,60 da forma como é fabricado hoje em comparação ao LEF (ver capítulo 6).

4.3 REFRIGERANTE 3

Para o Refrigerante 3, a fórmula nos fornece o seguinte resultado:

$$LEF = \sqrt{\frac{2 \times 392,04 \times 29880}{0,17 \times \left(1 - \left(\frac{2490}{8327}\right)\right)}} \cong 14021,45 \text{ Caixas Físicas}$$

Figura 24 - Custos Totais do Refrigerante 3



Fonte: Autor (2016)

O menor custo total mostrado no gráfico é:

$$Ct = \frac{Ce \times LEF \times (p - d)}{2 \times p} + \frac{Cp \times D}{LEF} = R\$ 835,44 + R\$ 835,44 = R\$ 1670,88$$

Neste caso, o lote recomendado pela fórmula possui um valor que, se produzido duas vezes ao ano, ofertará uma quantidade de produtos um pouco menor do que a demanda anual prevista (Demanda Anual: 29880; LEF fabricado 2 vezes: 28043). Assim, para estimar o resultado financeiro, o custo de não atendimento é calculado da mesma forma que o custo de perda por excesso, isto é, a quantidade que não foi vendida multiplicada pelo preço médio de venda, R\$ 4,26 por Caixa Física.

Vale lembrar que o custo de não atendimento da demanda pode incluir outras variáveis qualitativas, como a probabilidade de o cliente não pedir mais o produto, porém estes dados não foram considerados para o estudo.

Tabela 20 - Resultado Financeiro do LEF para o Refrigerante 3

LEF	Produtos Perdidos com o Lote para 6 meses	Produtos Perdidos com o Lote para 4 meses	Prejuízo Financeiro relativo à perda ou falta de produtos	Custo com 2 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional anual
14021,45	663,48	1127,82	R\$ 13.131,90	R\$ 3.340,00	R\$ 127.288,80	R\$ 110.816,90

Fonte: Autor (2016)

Cada lote produz um desperdício, entre excessos e faltas, de 1791 produtos. Ainda assim, ao final do ano o resultado é um lucro operacional de aproximadamente R\$ 110.816,90.

Apesar de um lucro inicial (sem contar impostos e outros custos até chegarmos ao lucro líquido), percebe-se novamente uma grande quantidade de produtos desperdiçados.

Comparando com o cenário de como é fabricado hoje (Tabela 22), temos:

Tabela 21 - Resultado Financeiro do Lote Atual para o Refrigerante 3

Lote como é Hoje	Produtos Perdidos por Lote	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 4 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional Anual
8327	857	R\$ 10.343,28	R\$ 7.608,04	R\$ 127.288,80	R\$ 109.337,48

Fonte: Autor (2016)

Assim como o Refrigerante 2, este é produzido em média quatro vezes ao ano, acarretando em um maior custo de fabricação e menor número de produtos perdidos em comparação ao LEF. Todavia, o resultado financeiro é um pouco menor. Explica-se: ainda que o desperdício seja menor, ele não é reduzido suficientemente para gerar melhores benefícios.

Mais uma vez, o caminho vai se desenhando para encontrar o melhor Lote Econômico: reduzir o custo com fabricação quando possível e minimizar os desperdícios, conforme capítulo 6.

4.4 REFRIGERANTE 4

Por fim, para o Refrigerante 4 temos:

$$LEF = \sqrt{\frac{2 \times 327,75 \times 32640}{0,17 \times \left(1 - \left(\frac{2720}{6874}\right)\right)}} \cong 14431,37 \text{ Caixas Físicas}$$

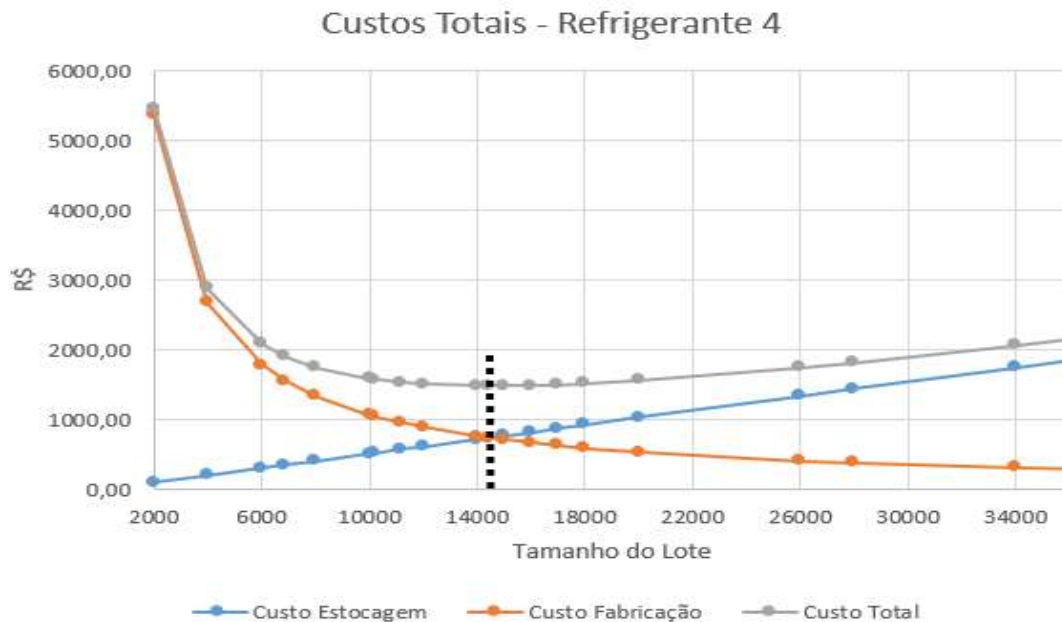
Com uma demanda anual de 32640 Caixas Físicas, se aplicarmos a fórmula do LEF teremos:

- Para 2 fabricações anuais de 14431,37: falta de 3777 produtos, um custo estimado de R\$ 17921,9;
- Para 3 fabricações anuais de 14431,37: excesso de 10654 produtos, custo estimado de R\$ 50499,96;

Logo, recomenda-se adotar um modelo de duas fabricações ao ano caso o valor do LEF seja o escolhido.

Vamos analisar seu custo total e o resultado financeiro, de acordo com a Figura 25 e a Tabela 24.

Figura 25 - Custos Totais do Refrigerante 4



Fonte: Autor (2016)

Menor Custo Total:

$$Ct = \frac{Ce \times LEF \times (p - d)}{2 \times p} + \frac{Cp \times D}{LEF} = R\$ 741,28 + R\$ 741,28 = R\$ 1482,5$$

Tabela 22 - Resultado Financeiro do LEF para o Refrigerante 4

LEF	Produtos Perdidos com o Lote para 6 meses	Produtos Perdidos com o Lote para 4 meses	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 2 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional Anual
14431,37	1405,81	907,89	R\$ 19.256,10	R\$ 2.965,48	R\$ 155.366,40	R\$ 133.144,82

Fonte: Autor (2016)

Conforme aconteceu com os Refrigerantes 2 e 3, o lucro operacional (com um preço médio de venda de R\$ 4,74) aqui se apresentou como um bom resultado, mas com um número alto de itens desperdiçados.

Comparando com o que é fabricado hoje, temos:

Tabela 23 - Resultado Financeiro do Lote Atual para o Refrigerante 4

Lote como é Hoje	Produtos Perdidos por lote	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 5 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional Anual
6874	346	R\$ 1.303,50	R\$ 9.546,75	R\$ 155.366,40	R\$ 144.516,15

Fonte: Autor (2016)

Diferente dos outros casos, o Refrigerante 4 possui uma média de 5 fabricações anuais, apresentando um alto custo com todas as preparações para a produção. Naturalmente, a quantidade desperdiçada tende a diminuir. Ainda que possua um resultado financeiro melhor que o LEF, existe espaço para aplicar as duas regras vistas nos casos anteriores: reduzir custo com fabricação e com desperdícios.

5. PROPOSTA DE CÁLCULO DO LEF CONSIDERANDO AS CONTIGÊNCIAS DA EMPRESA – UM LOTE ECONÔMICO ALTERNATIVO (LEA)

Após os resultados obtidos com o LEF se mostrarem insatisfatórios, necessita-se encontrar uma alternativa que melhor atenda o objetivo deste trabalho. Para isso, as premissas citadas anteriormente serviram como base para a definição do método de Lote Econômico Alternativo (LEA): redução de custo total com fabricação (preparação + estocagem) e com desperdícios de caixas físicas.

Assim, duas etapas foram definidas para LEA: uso de uma nova fórmula para o cálculo do Lote Econômico e comparação dos custos totais gerados por esse método com o LEF tradicional e o Lote Atual da empresa.

Primeiramente, calcula-se o LEA por meio da fórmula abaixo.

$$LEA = \frac{\textit{Demanda Anual}}{\textit{Quantidade Mínima de Fabricação}} + FS \times \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2}$$

As variáveis Demanda Anual e Estoque de Segurança devem ser atualizadas ao longo do ano, e podem ser obtidas de forma objetiva. Já a Quantidade Mínima de Fabricação deverá passar pela análise individual de cada SKU, de quais tipos de clientes o compra, relacionando com a data de validade do item.

Ao se dividir a demanda anual pela quantidade mínima de fabricação, estamos praticamente eliminando os desperdícios, e reduzindo ao máximo o custo total e fabricação. Devemos ainda adicionar o estoque de segurança para evitar variações indesejadas.

Após o cálculo, deve-se realizar um comparativo de resultados do LEA os dos lotes produzidos atualmente, bem como com o resultado trazido pelo LEF, que em geral se mostra ineficiente para itens classe C, mas cujo comportamento

com itens classe A e B são ainda desconhecidos. O objetivo da comparação é mostrar se a soma de todos custos previstos para 1 ano, aplicando-se o LEA, são menores do que os custos com LEF e Lote Atual. Matematicamente, a comparação deve ser realizada de acordo com as inequações abaixo. Se as inequações forem verdadeiras, aplica-se o LEA.

$$\begin{aligned}
 & \text{Qtd Mínima de Fabricações com LEA} \times \left[\left(\frac{C_e \times \text{LEA} \times (p-d)}{2 \times p} + \frac{C_p \times D}{\text{LEA}} \right) + \right. \\
 & \left. \left(\left(\text{Caixas Físicas desperdiçadas em 1 lote} - FS \times \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2} \right) \times \text{Preço Médio de Venda} \right) \right] \\
 & <
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Qtd de Fabricações com LEF} \times \left[\left(\frac{C_e \times \text{LEF} \times (p-d)}{2 \times p} + \frac{C_p \times D}{\text{LEF}} \right) + \right. \\
 & \left. \left(\left(\text{Caixas Físicas desperdiçadas em 1 lote} - FS \times \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2} \right) \times \text{Preço Médio de Venda} \right) \right]
 \end{aligned}$$

Além disso, deve-se comparar o custo total do LEA com o Lote Atual,

$$\begin{aligned}
 & \text{Qtd Mínima de Fabricações com LEA} \times \left[\left(\frac{C_e \times \text{LEA} \times (p-d)}{2 \times p} + \frac{C_p \times D}{\text{LEA}} \right) + \right. \\
 & \left. \left(\left(\text{Caixas Físicas desperdiçadas em 1 lote} - FS \times \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2} \right) \times \text{Preço Médio de Venda} \right) \right] \\
 & <
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Qtd de Fabricações com Lote Atual} \times \left[\left(\frac{C_e \times \text{Lote Atual} \times (p-d)}{2 \times p} + \frac{C_p \times D}{\text{Lote Atual}} \right) + \right. \\
 & \left. \left(\left(\text{Caixas Físicas desperdiçadas em 1 lote} - FS \times \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2} \right) \times \text{Preço Médio de Venda} \right) \right]
 \end{aligned}$$

Traduzindo as inequações, pode-se escrever da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 & \text{Qtd Mínima de Fabricação com LEA} \times (\text{Custo Total de Fabricação com 1 LEA} + \\
 & \text{Prejuízo Financeiro com Desperdícios com 1 LEA}) < \text{Qtd de Fabricação com LEF e Lote Atual} \\
 & \times (\text{Custo Total de Fabricação com 1 LEF e 1 Lote Atual} + \text{Prejuízo Financeiro com Desperdícios} \\
 & \text{com 1 LEF e 1 Lote Atual})
 \end{aligned}$$

Lembrando que o Custo Total com Fabricação abrange os custos de preparação e de estocagem, e o prejuízo financeiro com desperdícios considera todo o estoque não vendido, exceção ao estoque de segurança.

Assim, pode-se recalculer os lotes para cada refrigerante.

a) Refrigerante 1

Após análises e simulações (disponíveis em apêndice) do custo total de fabricar e estocar, e com a aplicação da metodologia do LEA, o lote que se apresentou como econômico de fato está representado na Tabela 24.

Tabela 24 - Resultado Financeiro do Lote Alternativo para o Refrigerante 1

Lote Alternativo	Produtos Perdidos com o Lote para 6 meses	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 2 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional no ano
992	16	R\$ -	R\$ 2.057,44	R\$ 24.384,00	R\$ 22.326,56

Fonte: Autor (2016)

Utilizou-se a quantidade mínima de fabricações anuais para este item. Em relação ao tamanho dos dois lotes, foi estimado o valor da demanda anual dividida por dois, acrescida do dobro do estoque de segurança (16 x 2), a fim de evitar possíveis faltas no atendimento à demanda. Desta forma, assegura-se um aumento no resultado de R\$ 7.206,20 em relação ao que é obtido hoje.

Vale ressaltar que, apesar da discrepância no resultado obtido pela fórmula do LEF, o método para achar o Lote Econômico Alternativo foi similar ao usado para o LEF (utilizando-se dos mesmos valores de custos de preparação e de estocagem), porém sem usar a fórmula propriamente dita e considerando os prazos de validade do produto.

b) Refrigerante 2

O resultado com o LEA para o Refrigerante 2 pode ser visualizado na tabela 25.

Tabela 25 - Resultado Financeiro do Lote Alternativo para o Refrigerante 2

Lote Econômico Alternativo	Produtos Perdidos por Lote	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 3 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade no ano	Lucro/Prejuízo Operacional no ano
11271,00	271,00	R\$ -	R\$ 7.236,63	R\$ 179.850,00	R\$ 172.613,37

Fonte: Autor (2016)

Ao reduzirmos as fabricações ao mínimo de 3 vezes no ano, estamos reduzindo o custo com essa variável. Além disso, a quantidade que minimiza o prejuízo com desperdícios é a quantidade demandada mais o tamanho do estoque de segurança. Em outras palavras, a demanda anual foi prevista em 33000 caixas físicas para o Refrigerante 2. Com 3 fabricações, cada uma teria em média 11000 caixas produzidas mais o que se estima com o estoque de segurança, pois este não conta como um produto desperdiçado. O resultado é R\$ 5156,45 melhor do que o atual.

Obviamente, a demanda não é constante o ano inteiro e a quantidade desperdiçada pode ser tanto maior quanto menor do que o estoque de segurança. Porém, os modelos de previsão da empresa possuem uma boa acurácia, e a baixa variação histórica nos permite estimar uma melhora significativa nos resultados financeiros anuais.

c) Refrigerante 3

O resultado com o LEA para o Refrigerante 3 pode ser visualizado na Tabela 26.

Tabela 26 - Resultado Financeiro do Lote Alternativo para o Refrigerante 3

Lote Alternativo	Produtos Perdidos por lote	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 3 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional Anual
10210	250	R\$ -	R\$ 5.268,57	R\$ 127.288,80	R\$ 122.295,18

Fonte: Autor (2016)

Três fabricações é o número mínimo para o Refrigerante 2 (considerando os produtos que devem sair para os clientes com até 4 meses). A partir daí, temos a primeira redução de custo. Já o lote estimado foi a divisão da demanda anual por três lotes de fabricação (29880/3) adicionado do estoque de segurança (Es = 250). Assim, em um cenário ideal, não existe prejuízo com a perda de produtos, visto que o estoque de segurança não se encaixa na categoria de produtos desperdiçados, mas sim como uma reserva de contingência. O ganho em comparação à forma como se produz hoje é estimado em R\$ 12.958,00.

d) Refrigerante 4

A Tabela 27 apresenta o Lote Econômico Alternativo para o Refrigerante 4.

Tabela 27 - Resultado Financeiro do Lote Alternativo para o Refrigerante 4

Lote Alternativo	Produtos Perdidos por lote	Prejuízo Financeiro relativo à perda de produtos	Custo com 3 fabricações (preparação + estocagem)	Receita com a venda dos produtos dentro da validade	Lucro/Prejuízo Operacional Anual
11171,00	291	R\$ -	R\$ 4.595,49	R\$ 155.366,40	R\$ 150.770,91

Fonte: Autor (2016)

Utilizando-se 3 fabricações por ano para atender às demandas dos clientes “Rota” e “As”, dividindo a demanda anual por 3 (32640/3) e somando o estoque de segurança (Es = 291) a cada lote médio, obtém-se o melhor resultado financeiro possível, dentro dos parâmetros estudados. O ganho operacional é estimado em R\$ 6255.

5.1 ANÁLISE FINAL DE VIABILIDADE ECONÔMICA DOS LOTES E CONSOLIDAÇÃO DOS GANHOS FINANCEIROS

Os resultados encontrados nos tópicos anteriores foram sintetizados nas tabelas 28 e 29, a fim de mostrar os possíveis ganhos com a aplicação de um método flexível (alternativo) de Lote Econômico de Fabricação.

A tabela 28 sintetiza a comparação do retorno financeiro anual obtido pelo Lote Atual, pelo LEF e pelo Lote Econômico Alternativo.

Já a Tabela 29 tem a intenção de mostrar os ganhos operacionais que se teria em relação aos Lotes Atuais.

Tabela 28 - Comparativo de Resultados

	Lote Atual	Retorno Atual	LEF	Retorno LEF	Lote Econômico Alternativo	Retorno do Lote Econômico Alternativo
Refrigerante 1	547,4	R\$ 14.713,43	3969,67	-R\$ 64.121,47	992	R\$ 22.326,56
Refrigerante 2	8575	R\$ 167.456,92	18517,08	R\$ 156.541,32	11271	R\$ 172.613,37
Refrigerante 3	8327	R\$ 109.337,48	14021,45	R\$ 110.816,90	10210	R\$ 122.295,18
Refrigerante 4	6874	R\$ 144.516,15	14431,37	R\$ 133.144,82	11171	R\$ 150.770,91

Fonte: Autor (2016)

Tabela 29 - Análise Final dos Lotes Econômicos

Nome	Quantidade de Fabricações por ano	Lote Econômico Alternativo (caixas físicas)	Quantidade desperdiçada por lote (caixas físicas)	Ganho operacional em 1 ano
Refrigerante 1	2	992	= Estoque de Segurança = 16	R\$ 7.612,60
Refrigerante 2	3	11271	= Estoque de Segurança = 271	R\$ 5.156,45
Refrigerante 3	3	10210	= Estoque de Segurança = 250	R\$ 12.958,00
Refrigerante 4	3	11171	= Estoque de Segurança = 291	R\$ 6.255,00
Total				R\$ 31.982,05

Fonte: Autor (2016)

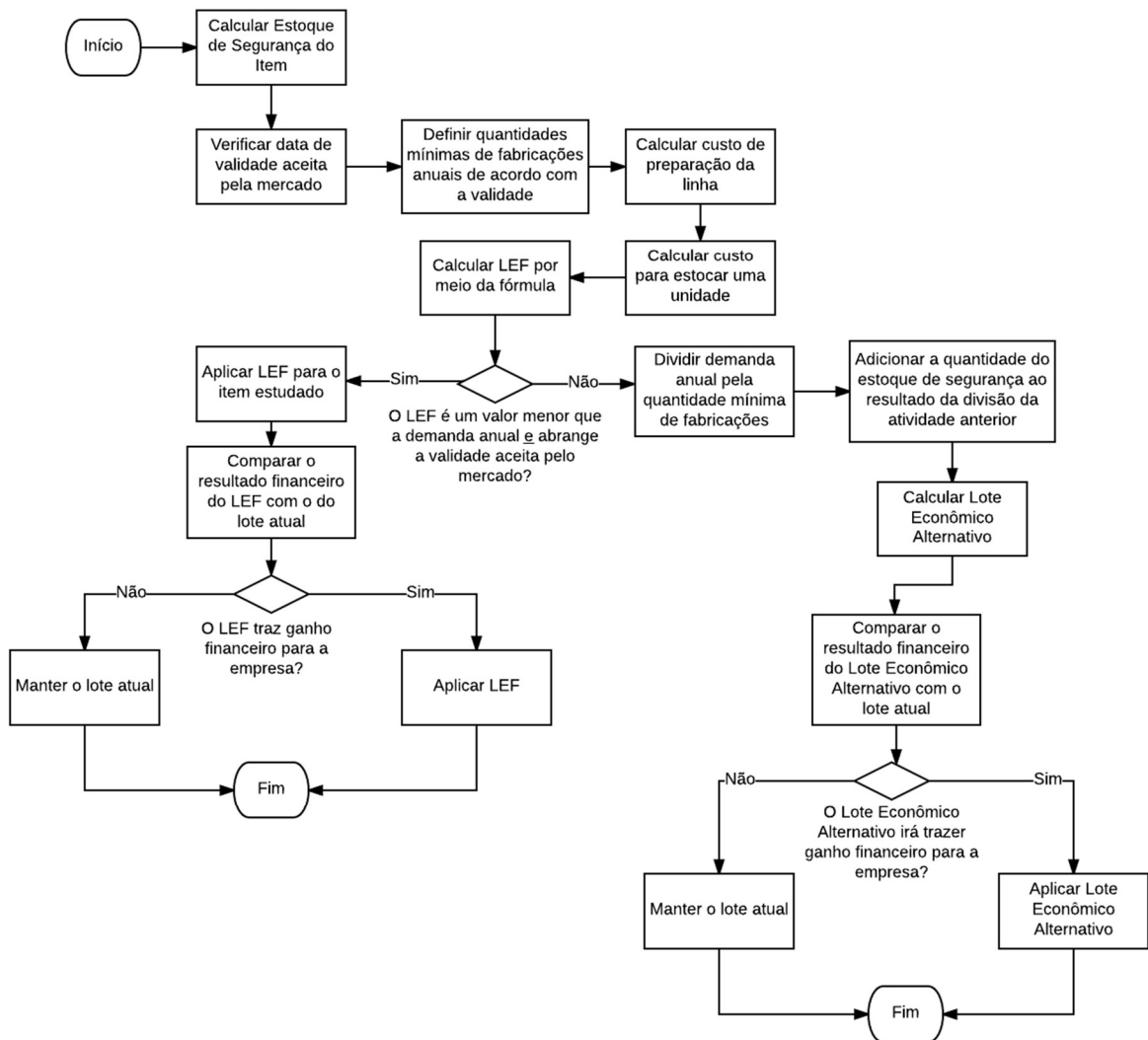
Ao aplicar a fórmula do LEF, percebeu-se que os resultados financeiros não seriam viáveis. Por isso, outras análises tiveram que ser levadas em conta, como a data de validade dos refrigerantes e os tipos de clientes que mais os demandam, bem como a quantidade mínima de fabricações em um ano para cada um dos SKUs estudados.

Apesar de o resultado com a fórmula não ser viável, os custos de preparação e estocagem utilizados para o LEF foram fundamentais para se encontrar o Lote Econômico Alternativo. Assim, ao final de um ano, o melhor resultado possível encontrado para os 4 SKUs foi um ganho (somado) de R\$ 31.982,05 em seu lucro operacional. Se considerarmos que a empresa fabrica 85 SKUs ao longo de 1 ano, ao realizar-se este estudo para todos, o ganho pode ser extremamente relevante, possibilitando novos investimentos à Brasal Refrigerantes.

5.2 ALGORITMO DE ANÁLISE DE LOTES ECONÔMICOS EM INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES

É possível padronizar o modelo de análise realizado nesse trabalho por meio de um algoritmo, em formato de fluxograma (figura 26).

Figura 26 - Algoritmo de Lotes Econômicos para Indústria de Refrigerantes



Fonte: Autor (2016)

Inicialmente, deve-se calcular o estoque de segurança de cada SKU independente da aplicação de alguma metodologia de Lote Econômico.

Após isso, verifica-se a data de validade (*Shelf Life*) do item, juntamente com o perfil de compra deste item. Assim, pode-se obter a quantidade mínima de fabricações ao longo do ano, algo importante para itens que não são muito vendidos (classe C).

Seguindo, deve-se calcular os custos de fabricação do item, que engloba o custo de estocar o lote e o custo de preparar a linha para o SKU. Mesmo que não se aplique o LEF, deve-se ter estes custos para efeitos de comparação entre um método e outro.

Com os custos em mãos, calcula-se o LEF para o SKU. Caso o valor do LEF seja menor do que a demanda anual para o item, além de sugerir um número de fabricações que estejam dentro do prazo de validade do item, sugere-se aplicar o método e verificar se o mesmo traz ganhos financeiros para a empresa em comparação com o Lote Atual. Já se o valor do LEF não converge aos critérios básicos de aplicação, sugere-se aplicar o Lote Econômico Alternativo explicado no capítulo 5.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira percepção desse trabalho é a de que existe sim meios de reduzir o desperdício e as faltas nos lotes de fabricações, otimizar seus custos e conseqüentemente aumentar o ganho financeiro para a empresa pesquisada. O que foi chamado de Lote Econômico Alternativo utilizou-se dos meios do método LEF, porém ao final requisitou análises mais aprofundadas de outras variáveis, como a data de validade. Este Lote Alternativo tem potencial de fornecer ganhos significativos para a Brasal Refrigerantes.

Por isso, a primeira consideração acerca do método LEF é a de que a sua aplicação completa não foi viável para o item com demanda muito pequena, como foi o caso do Refrigerante 1. Isto ocorreu porque os custos de fabricar na Brasal Refrigerantes são muito superiores proporcionalmente aos custos de estocar. Assim, o custo ótimo total para o Refrigerante 1 só existe para um valor de produção maior que a demanda anual, o que gera considerável desperdício de produtos.

A outra reflexão sobre o método LEF aplicado da forma como previsto na teoria é que ele não leva em conta a data de validade dos produtos (limitação esta que foi descoberta ao longo do trabalho). Para os Refrigerantes 2, 3 e 4, o LEF forneceu lotes menores que a demanda anual, porém maiores do que a quantidade necessária para o período de validade aceito pelo mercado.

Em contrapartida, o Lote Econômico Alternativo proposto ao trabalho mitigou os desperdícios provocados pelo LEF e pelos lotes atuais da empresa. Como o Lote Alternativo considera a demanda anual e o estoque de segurança, é fundamental que a cada rodada de fabricação do produto as previsões tanto para a demanda quanto para o estoque de segurança sejam atualizadas.

Comparando-se este trabalho aos apresentados como *cases* acerca do tema (tópicos 3.4.1 e 3.4.2), percebe-se que a principal diferença foi a apresentação da limitação do método LEF, ocasionando em conseqüência uma nova proposta de cálculo do LEF.

Por fim, para trabalhos futuros recomenda-se a aplicação do método elaborado neste trabalho para os itens classe A e classe B da empresa (ou de outra indústria) para verificar o comportamento dos lotes econômicos. É sugestivo também que se tente uma forma de parametrizar a fórmula do LEF, considerando outras variáveis como a validade do produto. Além disso, tentou-se obter dados de custo de aquisição dos refrigerantes estudados junto à outras franquias da Coca-Cola no Brasil, porém não foi possível obtê-los. Assim, fica também como sugestão para um trabalho a análise do “fazer ou comprar”, a fim de comparar o máximo de alternativas possíveis para se minimizar os custos da empresa em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. et al. **Estudo de Caso. Métodos de Investigação em Educação.** Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, 2008.

BALLOU, R. **Logística empresarial: gerenciamento da cadeia de suprimentos.** Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos.** São Paulo: Atlas, 2001.

CERVIERI JÚNIOR, O.; TEIXEIRA JÚNIOR, J.; GALINARI, R. **O Setor de Bebidas no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – BNDES, Biblioteca Digital, 2014.

CÔRREA, H. L., CÔRREA, C. A. **Administração de Fabricação e operações.** São Paulo: Atlas, 2004.

CUNHA, A. C. S.; MOREIRA, I. F.; RIBEIRO, A. L. D.; RODRIGUES, A. C. O.; GOMES, D. C. **Modelo de gestão de estoques em uma empresa de ferragens e produtos metalúrgicos de pequeno porte.** In: XXXIII Encontro nacional de engenharia de fabricação, 2013, Salvador/BA. A Gestão dos Processos de Fabricação e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos, 2013.

LEONE, George S. G. **Contabilidade de Custos.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

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

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos.** 9ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, P. G; ALT, P. R. **Administração de Materiais e recursos patrimoniais.** São Paulo: Saraiva, 2003.

POZO, H. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais: uma abordagem logística.** 2ª ed., São Paulo: Atlas, 2002.

R. A. M. Deodato. **A determinação de um lote econômico na indústria de plástico**. VI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende., 2009

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON; Robert. **Administração da fabricação. 2. ed.** São Paulo: Atlas, 2002.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da fabricação. 2. ed.** São Paulo: Atlas, 2000.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Fabricação**: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Fabricação). Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, 2012.

APÊNDICE A – Simulação de Custos Totais para o Refrigerante 1

REFRIGERANTE 1			
Tamanho do Lote (Cx Físicas)	Custo Estocagem	Custo Prep Fabricação	Custo Total
500	R\$ 30,07	R\$ 1.895,31	R\$ 1.925,38
547,2	R\$ 32,91	R\$ 1.731,82	R\$ 1.764,73
992	R\$ 59,66	R\$ 955,30	R\$ 1.014,95
1000	R\$ 60,14	R\$ 947,65	R\$ 1.007,79
1500	R\$ 90,21	R\$ 631,77	R\$ 721,98
2000	R\$ 120,27	R\$ 473,83	R\$ 594,10
2500	R\$ 150,34	R\$ 379,06	R\$ 529,40
3000	R\$ 180,41	R\$ 315,88	R\$ 496,30
3500	R\$ 210,48	R\$ 270,76	R\$ 481,24
3969,67	R\$ 238,72	R\$ 238,72	R\$ 477,45
4000	R\$ 240,55	R\$ 236,91	R\$ 477,46
4500	R\$ 270,62	R\$ 210,59	R\$ 481,21
5000	R\$ 300,69	R\$ 189,53	R\$ 490,22
5500	R\$ 330,75	R\$ 172,30	R\$ 503,05
6000	R\$ 360,82	R\$ 157,94	R\$ 518,77
6500	R\$ 390,89	R\$ 145,79	R\$ 536,68
8500	R\$ 511,17	R\$ 111,49	R\$ 622,65
9500	R\$ 571,30	R\$ 99,75	R\$ 671,06
12000	R\$ 721,65	R\$ 78,97	R\$ 800,62
15000	R\$ 902,06	R\$ 63,18	R\$ 965,23
18000	R\$ 1.082,47	R\$ 52,65	R\$ 1.135,12

APÊNDICE B – Simulação de Custos Totais para o Refrigerante 2

REFRIGERANTE 2			
Tamanho do Lote (Cx Físicas)	Custo Estocagem	Custo Fabricação	Custo Total
2000	R\$ 115,48	R\$ 9.899,18	R\$ 10.014,66
4000	R\$ 230,96	R\$ 4.949,59	R\$ 5.180,55
6000	R\$ 346,44	R\$ 3.299,73	R\$ 3.646,17
8000	R\$ 461,92	R\$ 2.474,79	R\$ 2.936,72
10000	R\$ 577,41	R\$ 1.979,84	R\$ 2.557,24
11271	R\$ 650,79	R\$ 1.756,57	R\$ 2.407,37
12000	R\$ 692,89	R\$ 1.649,86	R\$ 2.342,75
14000	R\$ 808,37	R\$ 1.414,17	R\$ 2.222,54
16000	R\$ 923,85	R\$ 1.237,40	R\$ 2.161,25
18000	R\$ 1.039,33	R\$ 1.099,91	R\$ 2.139,24
18517	R\$ 1.069,18	R\$ 1.069,20	R\$ 2.138,38
20000	R\$ 1.154,81	R\$ 989,92	R\$ 2.144,73
22000	R\$ 1.270,29	R\$ 899,93	R\$ 2.170,22
24000	R\$ 1.385,77	R\$ 824,93	R\$ 2.210,70
26000	R\$ 1.501,25	R\$ 761,48	R\$ 2.262,73
28000	R\$ 1.616,73	R\$ 707,08	R\$ 2.323,82
30000	R\$ 1.732,22	R\$ 659,95	R\$ 2.392,16
32000	R\$ 1.847,70	R\$ 618,70	R\$ 2.466,40
34000	R\$ 1.963,18	R\$ 582,30	R\$ 2.545,48
36000	R\$ 2.078,66	R\$ 549,95	R\$ 2.628,61

APÊNDICE C – Simulação de Custos Totais para o Refrigerante 3

REFRIGERANTE 3			
Tamanho do Lote (Cx Físicas)	Custo Estocagem	Custo Fabricação	Custo Total
2000	R\$ 119,17	R\$ 5.857,08	R\$ 5.976,24
4000	R\$ 238,33	R\$ 2.928,54	R\$ 3.166,87
6000	R\$ 357,50	R\$ 1.952,36	R\$ 2.309,86
8000	R\$ 476,66	R\$ 1.464,27	R\$ 1.940,93
10000	R\$ 595,83	R\$ 1.171,42	R\$ 1.767,24
10210	R\$ 608,34	R\$ 1.147,32	R\$ 1.755,66
12000	R\$ 714,99	R\$ 976,18	R\$ 1.691,17
14000	R\$ 834,16	R\$ 836,73	R\$ 1.670,88
14021,45	R\$ 835,44	R\$ 835,45	R\$ 1.670,88
16000	R\$ 953,32	R\$ 732,13	R\$ 1.685,46
18000	R\$ 1.072,49	R\$ 650,79	R\$ 1.723,27
20000	R\$ 1.191,65	R\$ 585,71	R\$ 1.777,36
22000	R\$ 1.310,82	R\$ 532,46	R\$ 1.843,28
24000	R\$ 1.429,98	R\$ 488,09	R\$ 1.918,07
26000	R\$ 1.549,15	R\$ 450,54	R\$ 1.999,69
28000	R\$ 1.668,32	R\$ 418,36	R\$ 2.086,68
30000	R\$ 1.787,48	R\$ 390,47	R\$ 2.177,95
32000	R\$ 1.906,65	R\$ 366,07	R\$ 2.272,71
34000	R\$ 2.025,81	R\$ 344,53	R\$ 2.370,35
36000	R\$ 2.144,98	R\$ 325,39	R\$ 2.470,37

APÊNDICE D – Simulação de Custos Totais para o Refrigerante 4

REFRIGERANTE 4			
Tamanho do Lote (Cx Físicas)	Custo Estocagem	Custo Fabricação	Custo Total
2000	R\$ 102,73	R\$ 5.348,88	R\$ 5.451,61
4000	R\$ 205,46	R\$ 2.674,44	R\$ 2.879,90
6000	R\$ 308,20	R\$ 1.782,96	R\$ 2.091,16
6874	R\$ 353,09	R\$ 1.556,26	R\$ 1.909,35
8000	R\$ 410,93	R\$ 1.337,22	R\$ 1.748,15
10000	R\$ 513,66	R\$ 1.069,78	R\$ 1.583,44
10200	R\$ 523,93	R\$ 1.048,80	R\$ 1.572,73
11171	R\$ 573,81	R\$ 957,64	R\$ 1.531,45
12000	R\$ 616,39	R\$ 891,48	R\$ 1.507,87
14000	R\$ 719,12	R\$ 764,13	R\$ 1.483,25
14431	R\$ 741,26	R\$ 741,30	R\$ 1.482,57
15000	R\$ 770,49	R\$ 713,18	R\$ 1.483,67
16000	R\$ 821,86	R\$ 668,61	R\$ 1.490,47
17000	R\$ 873,22	R\$ 629,28	R\$ 1.502,50
18000	R\$ 924,59	R\$ 594,32	R\$ 1.518,91
20000	R\$ 1.027,32	R\$ 534,89	R\$ 1.562,21
26000	R\$ 1.335,52	R\$ 411,45	R\$ 1.746,97
28000	R\$ 1.438,25	R\$ 382,06	R\$ 1.820,31
34000	R\$ 1.746,44	R\$ 314,64	R\$ 2.061,08
40000	R\$ 2.054,64	R\$ 267,44	R\$ 2.322,08
48000	R\$ 2.465,57	R\$ 222,87	R\$ 2.688,44
55000	R\$ 2.825,13	R\$ 194,50	R\$ 3.019,64

