



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS CERRO LARGO  
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**

**MARTA KOSLOWSKI PRUDENTE**

**PROGRAMAÇÃO LINEAR: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE  
EMBALAGENS EMBALL LTDA.**

**CERRO LARGO**

**2014**

**MARTA KOSLOWSKI PRUDENTE**

**PROGRAMAÇÃO LINEAR: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE  
EMBALAGENS EMBALL LTDA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Administração da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Administração.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ms. Denise Medianeira Mariotti  
Fernandes

**CERRO LARGO**

2014

Prudente, Marta Koslowski

PROGRAMAÇÃO LINEAR: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS EMBALL LTDA./ Marta Koslowski Prudente. -- 2014.

47 f.:il.

Orientadora: Ms. Denise Medianeira Mariotti Fernandes.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Administração , Cerro Largo, RS, 2014.

1. Pesquisa Operacional. 2. Programação Linear. I. Fernandes, Ms. Denise Medianeira Mariotti, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

**MARTA KOSLOWSKI PRUDENTE**

**PROGRAMAÇÃO LINEAR: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE  
EMBALAGENS EMBALL LTDA.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Administração da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Ms. Denise Medianeira Mariotti Fernandes.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:  
\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA:**

\_\_\_\_\_  
Prof. Ms. Denise Medianeira Mariotti Fernandes-UFFS

\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Monize Samara Visentini – UFFS

\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Ms. Ari sothe.-UFFS

## **AGRADECIMENTOS**

Este espaço não será suficiente para agradecer a todos que fizeram parte desta importante etapa de minha vida. Peço desculpas a aqueles que aqui não foram citados, mas, com certeza, levo-os no meu coração, da mesma forma como todos os que foram lembrados aqui. Primeiramente, agradeço a Deus que me guiou nesta longa trajetória. Aos meus pais, Silvia Nair Koslowski e Dorival Lubas Prudente, a quem dedico tudo, pois sempre me conduziram com muita sabedoria e, graças a eles, estou aqui hoje. Ao meu namorado Jeferson, pela grande paciência, amor e compreensão. Aos meus irmãos Cristiano, Jonatan, Marcelo, Márcia e Simone, pelo incentivo e apoio que nunca faltou nos momentos que precisei. À professora Ms. Denise Medianeira Mariotti Fernandes, por me orientar neste trabalho e por ter apresentado a pesquisa operacional como algo tão atraente e desafiador. Aos professores da banca examinadora, pela presença e contribuições. A todo o corpo docente do Curso de Administração da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Cerro Largo, com quem tive oportunidade de aprender durante o período de graduação. A todos os colegas e amigos que estiveram juntos de mim, nessa etapa de minha vida, apoiando e incentivando a seguir em frente.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar, por meio da técnica de programação linear, um modelo de solução ótima para a empresa de embalagens Emball Ltda., de modo que minimize seus custos relacionados à produção de cinco tipos de sacolas que foram produzidas no mês de setembro de 2014. Enfatiza-se que este modelo é uma ferramenta de apoio à tomada de decisão dos gestores da empresa. Para a coleta dos dados, foram utilizadas a análise de documentos da empresa e uma entrevista semi-estruturada junto ao gestor da empresa em estudo. Para atingir o objetivo proposto, o presente estudo foi dividido em três etapas: na primeira etapa, verificaram-se os pedidos realizados em um mês e, de acordo com a classificação ABC, foram selecionados os produtos pertencentes à classe A (5 tipos de sacolas) para a realização do estudo; na segunda etapa, foi elaborada a DRE com a apresentação dos custos alocados na classificação de cada produto para viabilizar os cálculos de lucro, margem de contribuição e ponto de equilíbrio de cada produto; e, na terceira etapa, foi elaborado o modelo matemático de minimização dos custos e as restrições da empresa. Após a realização do estudo, pode-se perceber que a empresa não está tendo prejuízo, pois precisa vender 20% da produção para cobrir seus custos de produção.

Palavras-chave: Programação Linear. Gestão de custos. Tomada de decisão.

## **ABSTRACT**

This report aim to introduce, through the linear programming technique, a great solution template for the packaging company Emball Ltda., in order to minimize their costs related to the production of five types of bags that were produced in September 2014. It is emphasized that this template is a supporting tool for decision making of company managers. Analysis of company documents and a semi-structured interview with the manager of the company under study were used for data collection. To reach the point, the present study was divided in three steps: first, all of the demand realized in a month was verified, and according to the ABC classification, the products that belong to class A (5 types of bags) were selected to perform this study; second, DRE was elaborated with the presentation of allocated costs in the classification of each product, to enable the profit calculation, contribution margin and balance for each product; third, a math template of costs minimization was elaborated and the company restrictions. After the study, we can see that the company is not losing money, they need to sell from 20% of the production to cover their production costs.

Keywords: Linear Programming. Costs Management. Decision Making.

## **TABELAS**

Tabela 1- Dados da produção mensal da empresa _____	31
Tabela 2- Ordenação dos dados da produção mensal _____	32
Tabela 3- Demonstrativo de Resultado do Exercício _____	34
Tabela 4- Custos fixos e variáveis por unidade _____	35
Tabela 5- Lucratividade _____	36
Tabela 6- Margem de contribuição _____	37
Tabela 7- Ponto de equilíbrio _____	37
Tabela 8- Tempo de fabricação de cada unidade de produto _____	38
Tabela 9- Solução de Excel/Solver _____	41

## FIGURAS

Figura 1- Fases de um estudo de Pesquisa Operacional	18
Figura 2- Curva ABC	33

## QUADROS

Quadro 1- Classificação da pesquisa _____	26
Quadro 2- Variáveis de decisão _____	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1 TEMA DA PESQUISA	13
1.2 PROBLEMA DA PESQUISA	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.4 JUSTIFICATIVA	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>16</b>
2.1 ORIGEM DOS MÉTODOS QUANTITATIVOS	16
2.2 A PESQUISA OPERACIONAL	17
2.2.1 Histórico	19
2.3 CONCEITO E IMPORTÂNCIA DA PROGRAMAÇÃO LINEAR	21
2.3.1 Etapas da modelagem do problema	22
2.4 CLASSIFICAÇÃO ABC	24
2.5 CUSTOS	24
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>26</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	26
3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO	28
3.3 COLETA DE DADOS	28
3.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	29
<b>4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>30</b>
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS FABRICADOS	30
4.2 GESTÃO DOS CUSTOS	34
4.3 PROGRAMAÇÃO LINEAR	39
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na gestão de qualquer tipo de organização, seja ela grande ou pequena, aparecem diversos problemas que precisam ser solucionados de forma rápida. Nesse contexto, é preciso evitar que sejam tomadas decisões somente baseadas nas crenças e em informações recentes do gestor, sem apoio metodológico correto. Isso porque, muitas vezes, os gestores acabam tomando decisões de forma errada e dessa forma, prejudicando muito a saúde financeira da organização, a ponto de perder sua colocação no mercado.

Assim, uma decisão tomada com o auxílio de uma ferramenta adequada pode trazer benefícios à empresa e maiores chances de acerto, pois essas ferramentas têm como objetivo representar a realidade e os futuros cenários com que a empresa poderá se deparar no mercado em que atua. Por isso, é importante que os gestores disponham de ferramentas adequadas que auxiliem na tomada de decisão, como por exemplo, os modelos desenvolvidos com base na programação linear e que são utilizados na pesquisa operacional.

A pesquisa operacional apresenta modelos que ajudam os gestores de empresas na tomada de decisão. Esses modelos apresentam soluções para problemas mais abrangentes e permitem ao administrador avaliar vários aspectos envolvidos no problema a ser solucionado. Além disso, podem ser experimentados antes da tomada de decisão, o que proporciona maior credibilidade sobre os rumos a seguir (ANDRADE, 2012).

A aplicação de modelos na tomada de decisão é uma forma de tentar reproduzir, de forma mais correta, a realidade. Segundo Peterson (2011), por meio desses modelos, pode-se relatar a realidade ou aproximar-se da realidade, pois se trata da idealização da realidade, que, com a aplicação de símbolos matemáticos, relaciona as variáveis com o desejado pelo sistema.

Enfatiza-se que, neste trabalho, entre os modelos apresentados pela pesquisa operacional, optou-se por utilizar a programação linear, que é um método utilizado para a minimização dos custos e maximização dos lucros, respeitando um conjunto de restrições que a empresa, por ventura, venha a apresentar. Andrade (2012, p. 28) define a programação linear como:

Uma das ferramentas mais eficazes para estudos de gestão: organização de transportes, determinação de políticas de estoque, estudos de fluxo de caixa e investimento, estudo de sistemas de informação, além dos tradicionais problemas de produção e de misturas de componentes.

Como o objetivo do presente trabalho é a minimização dos custos, após a análise e a realização da montagem do problema, pretende-se apresentar um modelo ótimo de produção

que minimize os custos da produção e que sirva para a indústria de embalagens Emball Ltda. como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Destaca-se que estudos similares, com o intuito de minimização dos custos, foram realizados por: Berger et al. (2002); Mareth et al. (2010); Schmidt et al. (2011); Possamai e Pescador (2011); e Ruberto et al. (2013) .

Berger et al. (2002) realizou um estudo em uma empresa do município de Canoinhas-SC, com o objetivo de “otimização do processo, com a minimização de carga transportada e quanto da minimização de custos.” Com a técnica de programação linear, aplicado a na solução de problemas de transporte permitiu que a empresa tivesse diversas formas de destino do produtos, por diversos trajetos.

Com a aplicação da técnica de programação linear nessa empresa pode se ter o custo por unidade de volume, qual a quilometragem máxima mensal, quantas viagens são necessárias para a entrega e qual é carga ótima para ser transportada por viagem. Com a aplicação da programação linear pode-se perceber que teve um aumento de 22,70% no volume de madeira e uma redução de 18,33% nos custos.

No estudo de Mareth et al. (2010), realizado em uma indústria de usinagem, foi proposto como objetivo: “apresentar através da programação linear, um modelo de gestão, em que o gestor possa simular cenários, a partir do cálculo da margem de contribuição e o lucro líquido, melhorando o processo de tomada de decisão”. O estudo propôs maximizar a margem de contribuição e o lucro da indústria levando em conta as restrições da mesma, para que a empresa produzisse um volume ideal de produção e apresentar onde estaria tendo desperdício de recursos escassos durante a produção. Através das simulações realizadas, pode-se obter vários dados importantes para a tomada de decisão, tais como: a disponibilidade de recursos, a quantidade de horas de mão de obra disponível e auxiliando no planejamento financeiro da empresa.

Através do estudo pode-se perceber a importância de ferramentas diferentes para a tomada de decisão, sendo que tanto os dados obtidos nos sistemas de custos como na programação linear apresentam vieses diferentes para o tomador de decisão, sendo que ambas se complementam.

O estudo de Schmidt et al. (2011) teve como objetivo: “verificar a contribuição da programação linear na análise de viabilidade econômico-financeira”, em uma indústria de confecção de uniformes e roupas profissionais do Rio Grande do Sul.

O estudo foi dividido em três etapas: primeiramente fez-se a análise da situação atual da empresa, após realizou a análise da situação que foi proposta para a indústria e após, fez-se a análise da situação atual e da proposta por meio da técnica de programação linear. Por meio

do trabalho pode-se perceber que a técnica de programação linear juntamente com os modelos tradicionais aplicados na indústria podem ajudar muito na tomada de decisão por parte dos gestores.

Possamai e Pescador (2011) realizaram um trabalho em uma empresa de transporte e estocagem de fumo, cujo objetivo era a “minimização dos custos de transporte e estocagem sendo utilizada programação linear para sua solução”, de modo que o modelo proposto sirva como ferramenta de gestão.

Ruberto et al. (2013), em seu estudo realizado em uma propriedade rural, teve por objetivo: “auxiliar o processo de gestão das propriedades rurais, a partir da utilização da gestão de custos e da ferramenta matemática de programação linear”. O presente estudo foi sobre a produção de grãos de uma propriedade durante um ano. Para a análise dos dados foi utilizado os dados de gastos e despesas referentes ao cultivo de cada cultura do referido mês, podendo assim obter a margem de contribuição e o lucro obtido com a produção.

Através dos dados contábeis de propriedade pode-se elaborar o modelo matemático para otimizar a produção e conseqüentemente maximizar a margem de contribuição e o lucro da propriedade. Através do estudo pode-se perceber que com o uso da ferramenta de programação linear pode-se ter uma maior eficácia na gestão da propriedade, aumentado em 5.83% a lucratividade da propriedade.

## 1.1 TEMA DA PESQUISA

A aplicação da programação linear na indústria de embalagens Emball Ltda. como ferramenta de auxílio na tomada de decisão para minimizar os custos.

## 1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

Atualmente, um dos grandes desafios dos gestores é manter as empresas competitivas em um mercado onde a concorrência tem aumentado significativamente. A gestão das matérias-primas envolvidas na produção é um dos aspectos que merecem receber especial atenção por parte dos gestores da organização, pois isso influencia, diretamente, nos custos envolvidos na fabricação de seus produtos e, conseqüentemente, impacta no seu preço final, quando repassado ao consumidor.

Por isso, é importante analisar e levantar corretamente os custos envolvidos na produção para ter um parâmetro exato na formação do preço do produto final ao consumidor.

Esses são problemas que necessitam ser equacionados por meio de uma gestão adequada, desde a produção até a entrega do produto ao consumidor.

O estudo foi realizado na indústria de embalagens Emball Ltda, devido aos altos investimentos realizados na empresa pelos gestores nos últimos anos, e devido à empresa atuar em um ramo onde poucas empresas atuam, porém suas maiores concorrentes estão localizadas em cidades maiores, onde há vários clientes mais perto.

Analisando cenários históricos dos custos de produção, os gestores perceberam se a necessidade de otimizar a produção de modo que não haja desperdício de matéria prima e ocupar de forma correta os recursos disponíveis de forma correta. Através da realização do estudo a empresa saberá o quanto deve produzir de cada produto e dessa forma saber se é viável a produção dos mesmos.

Diante do exposto, pretendeu-se, com este trabalho, responder ao seguinte questionamento: Em que medida a aplicação da programação linear pode contribuir para a redução dos custos da indústria de embalagens Emball Ltda.?

### 1.3 OBJETIVOS

A seguir, apresenta-se o objetivo geral que foi desenvolvido no trabalho junto à indústria de embalagens Emball Ltda., sendo que, para atingi-lo, foram estabelecidos quatro objetivos específicos.

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Determinar, por meio da programação linear, um modelo de solução ótima para a indústria de embalagens Emball Ltda., de modo que minimize seus custos de produção.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os produtos fabricados na empresa Emball Ltda.;
- Estabelecer a composição dos custos na formação dos preços;
- Elaborar um modelo da Programação Linear que retrate o problema gerencial da empresa Emball Ltda.;
- Viabilizar a redução dos custos de produção da empresa Emball Ltda.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Gestores e colaboradores de organizações sem o preparo adequado tomam suas decisões, muitas vezes, sem um apoio metodológico que possibilite que tais decisões tenham maiores probabilidades de se tornarem acertadas para uma determinada situação.

A composição dos custos e sua gestão passam a ser um dos focos principais das estratégias das empresas, pois, a partir da adequada estruturação desses custos, torna-se possível alavancar os lucros da empresa. Por isso, os estudos na área de pesquisa operacional são relevantes e podem ser utilizados junto às empresas, por parte dos gestores, já que cada empresa tem suas peculiaridades em sua linha de produção e que devem ser levadas em conta na hora de serem tomadas as decisões.

A pesquisa operacional possibilita a adequação dos instrumentos à realidade da empresa por meio da técnica de programação linear, porque se pode desenvolver a otimização dos processos, levando em conta os recursos que são escassos, a fim utilizar uma opção de resolução de problemas complexos na tomada de decisão. Trata-se de técnicas que já foram testadas e utilizadas e se mostraram muito eficazes, mesmo com recursos limitados. Com o passar do tempo, essas técnicas foram sendo melhoradas e começaram a ser aplicadas nas empresas. Devido à sua utilidade, estudos nessas áreas são relevantes tanto para pesquisadores como para as empresas, em especial porque os gestores podem receber informações que, muitas vezes, não conseguiriam obter por estar todo tempo envolvidos com as atividades da indústria.

Portanto, a necessidade de um instrumento que apresente à indústria de embalagens Emball Ltda. uma forma concreta de quanto se deve produzir de cada produto, de modo que os custos sejam minimizados, justifica a elaboração do presente trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa do estudo, em cinco tópicos, busca-se formar uma base conceitual que dará suporte à pesquisa. No primeiro tópico, será apresentada a origem dos métodos quantitativos. No segundo, será apresentada a pesquisa operacional e um breve histórico. No terceiro tópico, apresentará o conceito e da importância da programação linear que será utilizada no estudo, as etapas para a modelagem do problema de programação linear. E no quarto tópico será apresentada a classificação ABC. Por fim no quinto tópico apresentará conceitos de custo.

### 2.1 ORIGEM DOS MÉTODOS QUANTITATIVOS

Antes da Revolução Industrial, a maioria das empresas era familiar, de porte pequeno, e a gerência estava a cargo da própria família, desenvolvida de forma muito simples. A partir da Revolução Industrial, a produção passou a ser realizada em indústrias de maior porte, o que provocou modificações na forma de gestão. Os gestores passaram a dar uma maior atenção às áreas da administração, economia e contabilidade. A necessidade de aprimoramento da gestão das empresas surgiu, portanto, no século XIX, e métodos que auxiliam a potencializar novas formas de gestão, entre eles os métodos quantitativos, começaram a ser desenvolvidos. (FROSSARD, 2009).

Ao apresentar informações sobre a origem dos métodos e técnicas, Moreira (2008) ressalta que o uso das técnicas quantitativas nos problemas de decisão é relativamente recente, pois sua primeira aplicação deu-se no século XIX. Porém, o grande impulso ocorreu somente no final do século XX, com as idéias de utilização de métodos científicos, na tomada de decisão, desenvolvidos e aplicados por Frederick W. Taylor.

Quanto às aplicações dos métodos quantitativos, verifica-se uma ligação importante desses métodos com a administração da produção, devido à facilidade de encontrar espaço para a montagem de modelos matemáticos nessa área. Constata-se que o uso dos métodos quantitativos nas empresas é de extrema importância para projetar lucros ou prejuízos. Caneca e Vasconcelos (2007, p. 5) corroboram essa constatação afirmando que:

com o uso dos métodos quantitativos a empresa será capaz de traçar com maior precisão a estratégia a ser adotada no empreendimento, a escolha das técnicas de verificação e avaliação da qualidade e quantidade do produto, bem como a expectativa de lucros ou perdas.

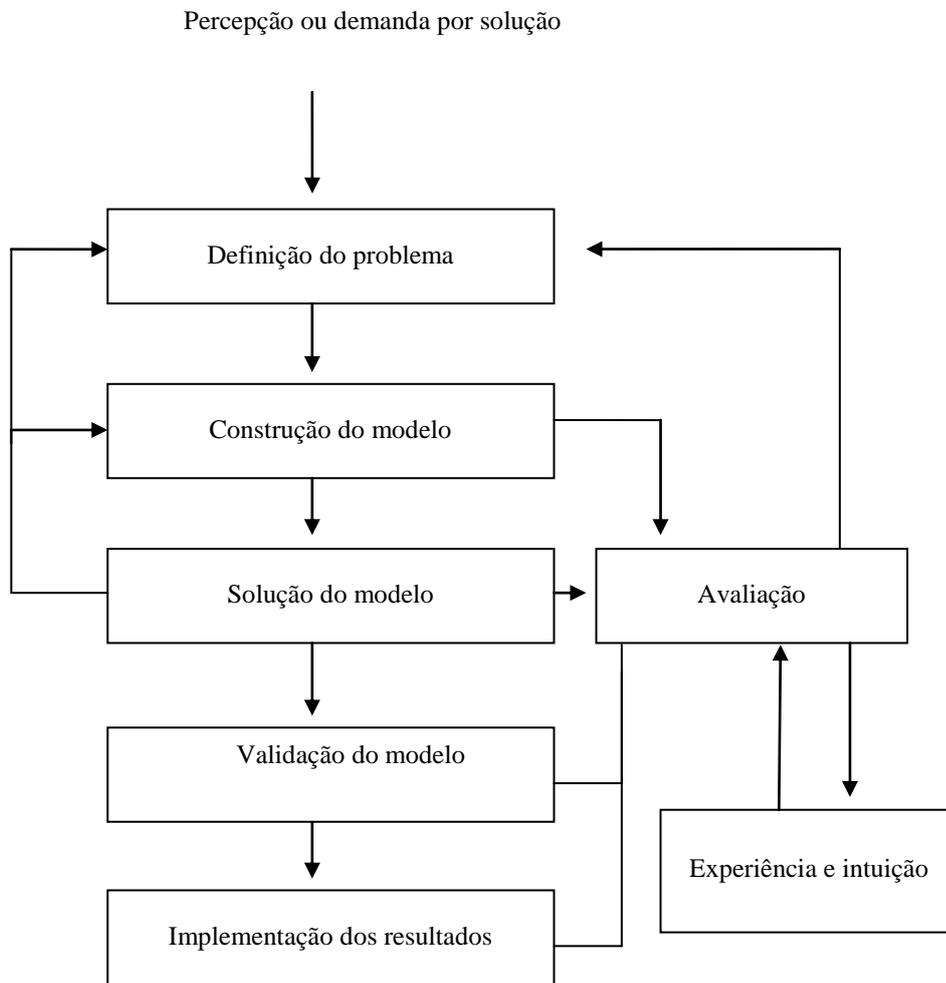
Desde a sua origem até os dias atuais, as informações obtidas e avaliadas nas empresas apoiadas em métodos quantitativos passaram por muitas formas de utilização. Atualmente, essas informações são facilmente classificadas, armazenadas e comparadas com o auxílio de recursos computacionais, o que pode ser determinante para uma adequada tomada de decisão, além de facilitar o desenvolvimento de novas formas de análise.

Entre os métodos quantitativos que auxiliam na tomada de decisão, sejam eles simples ou mais complexos, todos são eficazes quando utilizados de forma correta. Devido a isso a dentro da área pesquisa operacional há vários métodos diferentes que podem auxiliar os gestores.

## 2.2 A PESQUISA OPERACIONAL

De acordo com Andrade (2012, p. 9), “a pesquisa operacional consiste, basicamente, na construção de um modelo para um sistema real que sirva como instrumento de análise e compreensão do comportamento desse sistema”. A Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional – SOBRAPO (2014) define a pesquisa operacional como sendo uma ciência voltada para a solução de problemas reais do dia-a-dia das empresas, tendo como seu foco principal a tomada de decisão, sendo que a mesma aplica conceitos e métodos a varias áreas científicas.

Schmidt (2008, p. 9) destaca que “pesquisa operacional é um ramo da ciência administrativa que fornece instrumentos para análise de decisões, é conveniente que ela seja utilizada como ferramenta para auxiliar o gestor na tomada de decisões de sua empresa”. A realização de um trabalho de pesquisa operacional deve seguir alguns passos, conforme apresentado na Figura 1. Porém, esses passos não são uma regra geral, mas as etapas principais de um estudo (ANDRADE, 2012).

**Figura 1-** Fases de um estudo de Pesquisa Operacional

Fonte: Adaptado de Andrade (2012, p. 10).

Primeiramente deve-se fazer identificação exata do objetivo de estudo, pois esse é um dos principais passos para todo o processo de estudo, sendo que, é a partir dele que o modelo será concebido. A partir da exata identificação do estudo será realizada a construção do modelo, com base na definição do problema conforme FIGURA 1. Após a construção do modelo este poderá ser resolvido de acordo com as restrições existentes, sendo que depois de resolvido o mesmo irá ser validado, caso este representar de forma correta o sistema. Sendo que após sua validação e apresentado suas vantagens poderá então ser implementado, porém essa etapa é uma das mais importantes e deve ser controlada por uma equipe responsável. Ao final precisa ser avaliada para a aceitação por todos envolvidos (ANDRADE,2012).

Taha (2008, p. 4) ressalta que “o estudo de pesquisa operacional está intrinsecamente ligado ao trabalho em equipe, em que o analista e o cliente trabalham lado a lado”, ou seja, todo o conhecimento que o analista possui sobre a técnica só será útil para a aplicação em

uma empresa se houver o comprometimento do cliente para cooperar com o estudo, por meio da experiência que este possui sobre o funcionamento da empresa.

Os problemas de Pesquisa Operacional não são resolvidos, na prática, por uma técnica apenas, pois é por meio da complexidade de serem resolvidos que se define a melhor técnica para sua solução. As técnicas mais utilizadas de pesquisa operacional são: a programação linear; a programação inteira; a programação dinâmica; a otimização em rede e a programação não linear (TAHA, 2008).

Uma peculiaridade da maioria das técnicas de pesquisa operacional é que suas soluções não são obtidas de forma fechada (semelhantes às fórmulas matemáticas). Em geral, são determinadas por algoritmos, que são técnicas aplicadas várias vezes, de forma que se alcance a solução mais próxima da solução ótima ao problema a ser resolvido (TAHA, 2008).

A pesquisa operacional busca a solução ótima; porém, Moreira (2008) enfatiza que o ótimo é do ponto de vista matemático, pois muitas vezes não é possível levar em conta todas as variáveis envolvidas, principalmente as comportamentais.

Contudo, cabe ressaltar que alguns modelos matemáticos são muito complexos e complicados e, com isso, tornam-se praticamente impossíveis de se resolver por meio dos algoritmos de otimização disponíveis. Quando isso acontece, os tomadores de decisão devem abandonar a busca pela solução ótima e tomar suas decisões usando as heurísticas ou as regras práticas que existem (TAHA, 2008).

A técnica de pesquisa operacional não mais se restringe à área de produção de matéria-prima de uma empresa, ela tem aplicabilidade em outras áreas, seja na produção de bens de consumo e serviços como também é aplicada em áreas de interesse social, por exemplo, nas áreas da saúde e da educação (LOEBLEIN et al., 2012). Além de conhecer a pesquisa operacional é necessário saber que esta já vem sendo utilizada a muito tempo atrás como apresentado em um breve histórico.

### **2.2.1 Histórico**

Segundo Arenales et al. (2007), o surgimento da pesquisa operacional deu-se na Inglaterra, em 1934, e está ligado à invenção do radar, que poderia ser utilizado como uma tecnologia que ajudaria na interceptação de aviões inimigos naquela época.

A primeira utilização do termo pesquisa operacional é atribuída a A. P. Rowe, em 1941 e, como ferramenta de auxílio na tomada de decisão em relação aos problemas das

operações de guerra, a pesquisa operacional foi utilizada durante a segunda Guerra Mundial (ARENALES et al., 2007).

Em 1947, foi implantado o projeto *Scientific Computation of Optimal – SCOOP*, que estava sob a coordenação de George Dantzig e tinha por objetivo o suporte à Força Aérea Americana. Ainda nesse período, foi desenvolvido o método Simplex, baseado nos estudos do matemático russo Leondi Kantorovich (ARENALES et al., 2007).

Nessa época, havia equipamentos computacionais muito primitivos que precisaram passar por algumas alterações com o passar dos anos. Essa deficiência provocou uma série de dúvidas sobre a resolução correta de problemas com mais de 100 variáveis, o que pendurou até 1952. Porém, hoje, com o avanço dos equipamentos computacionais, um problema com 100 variáveis e/ou restrições é considerado um problema fácil e simples de ser resolvido (LOESCH; HEIN, 2009).

Segundo Loesch e Hein (2009), no período de 1952 a 1955, surgiram obstáculos para a solução dos problemas de programação linear, devido à precariedade dos equipamentos computacionais. Dentre eles, conseguir encontrar a solução inicial do problema a ser resolvido, “guardar a situação de degeneração”, reduzir as variáveis envolvidas, de modo a não interferir na solução final e manter a precisão numérica, de modo que o resultado encontrado para o problema seja o mais correto possível.

Em 1957, realizou-se, na Inglaterra, a primeira Conferência Internacional de Pesquisa Operacional, onde foram apresentados vários trabalhos com a aplicação da pesquisa operacional de várias maneiras diferentes (ARENALES et al., 2007).

De 1959 ao final de 1960, a pesquisa operacional passou a ser aplicada na resolução de problemas do setor privado e público. A partir desse momento, a pesquisa operacional passa a ser aplicada nas mais diversas atividades ligadas à produção e à logística, seja em empresas públicas, seja em empresas privadas, como uma ferramenta de apoio à tomada de decisões (ARENALES et al., 2007).

Após ter sido utilizada como auxílio para a aplicação dos recursos usados na guerra, a pesquisa operacional teve um crescimento rápido. Segundo Hillier e Lieberman (2010), isso ocorreu devido a dois fatores: o primeiro fator está relacionado ao fato de que muitos cientistas que sabiam do seu potencial resolveram criar técnicas na área de pesquisa operacional e, com isso, surgiram várias ferramentas-padrão nessa área; o segundo fator deve-se ao aprimoramento dos computadores, pois, graças à grande capacidade de armazenagem de dados, possibilitou-se a utilização de fórmulas e a realização de cálculos, que, se fossem feitos

manualmente, tornariam as resoluções quase impossíveis, já que envolvem um grande número de variáveis.

Por fim, neste breve histórico, cabe destacar que, no Brasil, com a reunião de esforços da grande maioria de profissionais da Pesquisa Operacional, realizou-se em 1968, no Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, em São José dos Campos-SP, o I Simpósio de Pesquisa Operacional (ALVES et al., 2013), que continua sendo desenvolvida anualmente pela SOBRAPO. Entre as técnicas de pesquisa operacional, a técnica que será enfatizada do trabalho é a técnica de programação linear.

### 2.3 CONCEITO E IMPORTÂNCIA DA PROGRAMAÇÃO LINEAR

Segundo Frossard (2009), a programação linear é um modelo que, considerando as restrições, procura apresentar uma solução ótima para a função objetivo; em que a função objetivo é o que se procura atingir, e as restrições são grupos de inequações lineares impostas pelo sistema.

Andrade (2012, p. 45) ressalta que modelos de programação linear possuem duas características matemáticas que devem ser consideradas, sobretudo, por conta de possuírem um caráter limitativo em problemas reais: a divisibilidade, ou seja, “a quantidade total dos recursos utilizados e o lucro obtidos são estritamente proporcional ao nível de produção”, e a aditividade, “que significa que o total de recursos utilizados para fabricar dois produtos é igual à soma dos recursos necessários para cada um individualmente”.

A programação linear é um dos métodos quantitativos mais populares para a resolução de problemas que possuem variáveis que podem, de alguma maneira, ser medidas e que tenham algum relacionamento entre si, por meio de equações e/ou inequações lineares (MOREIRA, 2008). Dessa maneira, essa técnica pode ser utilizada para a solução de problemas em várias áreas, tanto científicas como sociais.

Passos (2008, p. 5) acrescenta que a programação linear “é uma técnica de programação matemática em que se procura maximizar ou minimizar uma função, sujeitando-a certas restrições (limitações)”. Para a solução de um problema por meio da programação linear deve se seguir alguns passos, sendo que dessa maneira será possível encontrar uma solução para o mesmo.

### 2.3.1 Etapas da modelagem do problema

Segundo Loesch e Hein (2009, p. 7), na montagem da programação linear, devem, primeiramente, ser estabelecidos os seguintes passos:

- As variáveis: o que pode controlar e saber exatamente o quanto vale;
- A função objetivo: o que se quer maximizar ou minimizar de acordo com o objetivo proposto;
- As restrições: que limitam a combinação das variáveis, ou seja, até onde pode ir.

Caixeta-Filho (2004) ressalta que todos esses passos devem estar de acordo com a hipótese principal da programação linear, ou seja, a relação estabelecida entre as variáveis deve ser linear.

Além disso, para que se obtenha uma formulação, precisa-se de um problema específico. Para isso, as seguintes etapas devem ser seguidas: entender o problema que está sendo estudado; identificar as variáveis de decisão; colocar a função objetivo e as restrições como uma combinação linear das variáveis de decisão e identificar quaisquer vínculos nas variáveis de decisão (RAGSDALE, 2009).

Cabe ressaltar que todo problema de programação linear parte de algumas hipóteses, que são apresentadas quando se procura resolvê-las. São elas: proporcionalidade, aditividade, divisibilidade e certeza. Ainda, faz-se necessário considerar que o valor da função-objetivo é proporcional ao valor das variáveis, que as variáveis são independentes entre si, que as variáveis podem assumir qualquer valor fracionário e que todos os parâmetros do modelo são conhecidos (LACHTERMARCHER, 2009).

Todos os problemas apresentados na programação linear são expostos por meio de uma função objetivo e suas devidas restrições. Loesch e Hein (2009) apresentam o modelo de programação matemática de forma genérica:

$$\{\text{Max, Min}\} Z = C_1X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_nX_n$$

Sujeito a

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \{=, \geq, \leq\} b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \{=, \geq, \leq\} b_2$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + \dots + a_{3n}X_n \{=, \geq, \leq\} b_3$$

.....

$$A_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \{=, \geq, \leq\} b_m$$

$$X_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Em que:

$X_1, x_2, \dots, x_n$  = conjunto de variáveis que fazem parte do problema;

$C_1, C_2, \dots, C_n$  = representa os coeficientes da função objetivo;

$A_{ij}$  e  $b_j$  = são os coeficientes da restrição;

$\{=, \geq, \leq\}$  representa que haverá um desses três tipos de sinais em relação a cada restrição de acordo com o problema a ser desenvolvido.

Maximização (Max  $Z=.....$ ) ou minimização (Min  $Z=.....$ ) representa o que se deseja atender na função objetivo, ou seja, a meta que pretende alcançar.

O modelo matemático representa o sistema da empresa que está sendo estudada. Colin (2007, p. 5) ressalta que “modelo é uma representação simplificada do comportamento da realidade expressa na forma de equações matemáticas que serve para simular a realidade”.

Há vários tipos de programas de computador que realizam as operações matemáticas de forma rápida e precisa. Esses programas auxiliam na tomada de decisão nas empresas. Segundo Jesus e Favoni (2006), há vários tipos de programas computacionais, na área de pesquisa operacional, disponíveis para serem baixados da internet para fins acadêmicos, dentre eles: o LINDO (Lindo Systems Inc); o Prolin (Escola Superior de Tecnologia); e o Multisimplex (Gabritech Solutions). No entanto, para serem utilizados nas empresas comerciais, é necessário licenciar o produto.

Para a realização da análise dos dados do presente trabalho, optou-se pela utilização do programa Solver, já que se trabalha em planilhas que estão presentes em quase em todas as empresas, seja para o controle diário, seja para operações mais complexas. O Solver é uma ferramenta presente no Excel, da Microsoft, de fácil utilização e evita a preocupação com a resolução de problemas complexos (BUENO, 2007). O Solver “foi implementado por John Watson e Dan Fylstra, ambos da Frontline Systems Inc” e permite encontrar a solução ideal para o problema a ser resolvido (JESUS; FAVONI, 2006, p. 2).

Como, na maioria dos programas computacionais, há pequenas falhas de configuração, na ferramenta Solver não é diferente. Bueno (2007, p. 63) ressalta que, em alguns casos, o Solver não consegue fornecer a solução ótima, por exemplo: “se tivermos problemas ilimitados, sem região factível, múltiplas soluções ótimas ou degenerações”.

Além de utilizar o Solver para a realização da análise dos dados, as empresas podem realizar a identificação dos produtos com os quais podem obter maior receita, para isso se utilizam de instrumentos como a classificação ABC.

## 2.4 CLASSIFICAÇÃO ABC

A curva ABC é um importante instrumento de apoio à tomada de decisão pelos administradores, pois através dela podem-se identificar os produtos que devem receber maior atenção. Através da análise da curva ABC pode-se visualizar os produtos mais importantes para a empresa, sendo estes os que devem receber maior atenção (DIAS, 2012).

Gonçalves (2010, p.170) ressalta que:

o principal objetivo da análise ABC é identificar os itens de maior valor de demanda e sobre eles exercer uma gestão bem mais refinada, especialmente porque representam alto valor de investimento e seu controle mais apurado vai permitir grandes reduções nas custos dos estoques.

Cabe ressaltar que os limites de cada classe: A, B e C são assim identificados. Os itens pertencentes à classe A são os produtos mais importantes, podendo representar de 35% a 70% do valor que foi movimentado no estoque, já os itens da classe B representam de 10% a 45% e os demais estão representados na classe C (MARTINS; ALT, 2009).

A análise detalhada dos estoques deve ser uma prioridade para as empresas, não somente devido ao grande capital investido no mesmo, mas pela vantagem competitiva que a empresa pode obter, sendo que assim pode atender com maior rapidez e precisão o atendimento para seus clientes (MARTINS; ALT, 2009).

Além de identificar os produtos com maior receita e classificá-los de acordo com sua representatividade na receita da mesma, para se desenvolver o modelo de programação linear é necessário caracterizar e identificar os custos envolvidos na produção.

## 2.5 CUSTOS

Marion (2009) define custo como sendo os gastos relativos a bens e serviços para a elaboração de outros bens e serviços para atender as necessidades dos clientes. Padoveze (2010, p.320) define custos como sendo, “os gastos, não investimentos, necessários para fabricar os produtos da empresa. São os gastos efetuados pela empresa que farão nascer os seus produtos”. Podemos dizer então que são os gastos ligados a fabricação direta dos produtos.

Clemente e Souza (2011, p.13) ressalta que “tradicionalmente, os custos têm sido conceituados como o valor de todos os bens e serviços consumidos na produção de outros bens e serviços”.

Os custos podem ser classificados como fixos e variáveis. Os custos fixos são aqueles que tendem a serem constantes nas alterações das atividades operacionais realizadas (PADOVEZE, 2010). Cabe ressaltar ainda que os custos fixos são necessários para que a empresa possa manter certo nível de produção desejado (SOUZA; CLEMENTE, 2011).

Já os custos variáveis são aqueles que variam na proporção direta dependendo da quantidade de variação no nível de atividades (PADOVEZE, 2010). Souza e Clemente (2011, p. 29) acrescentam ainda que “estes custos dependem do nível de atividade (volume produzido ou volume vendido) por período. Nessa categoria estão incluídos os materiais diretos, os materiais auxiliares, as utilidades”.

Portanto os custos fixos serão sempre estáticos, porque o volume de produção pode variar, mas estes custos não se alteram em função da produção. Enquanto que os custos variáveis vão mudar em função do volume de produtos que será produzido.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo, é apresentado o método utilizado no presente trabalho, dividido em quatro partes: classificação do estudo; definição da área do estudo; coleta de dados e, posteriormente, como será realizada a análise e interpretação dos dados coletados.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Neste tópico, apresenta-se a classificação desta pesquisa, para os seguintes critérios: quanto aos objetivos, quanto aos procedimentos de coleta, quanto às fontes de informações e quanto à natureza dos dados, com base em Gonsalves (2007), conforme Quadro 1 .

Quadro 1- Classificação da pesquisa

Tipos de pesquisa segundo os objetivos	Tipos de pesquisa segundo os procedimentos de coleta	Tipos de pesquisa segundo as fontes de informação	Tipos de pesquisa segundo a natureza dos dados
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Exploratória</li> <li>● Descritiva</li> <li>● Experimental</li> <li>● Explicativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Experimento</li> <li>● Levantamento</li> <li>● Estudo de caso</li> <li>● Bibliográfica</li> <li>● Documental</li> <li>● Participativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Campo</li> <li>● Laboratório</li> <li>● Bibliográfica</li> <li>● Documental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Qualitativa</li> <li>● Quantitativa</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Gonsalves (2007, p. 66)

Tomando por base a classificação de Gonsalves (2007), quanto aos objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória. De acordo com Severiano (2007, p. 123), “a pesquisa exploratória busca apenas levantar informações sobre um determinado objetivo, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto”.

A respeito dos procedimentos de coleta de dados, esta pesquisa classifica-se como um estudo de caso que, segundo Gonsalves (2007, p. 69), “é o tipo de pesquisa que privilegia um caso em particular, uma unidade significativa, considerada suficiente para análise de um fenômeno”. Por sua vez, Gressler (2004, p. 55) entende que o estudo de caso “é uma pesquisa profunda (vertical) que abarca a totalidade dos ciclos de vida da unidade (visão holística)”.

Ressalta, ainda, que o caso de estudo não é fragmentado por parte, mas visto como todos os elementos inter-relacionados entre si.

Conforme o tipo das fontes de informação, a pesquisa caracteriza-se como documental, já que os dados serão coletados por meio de documentos junto à empresa. Segundo Severiano (2007), a pesquisa documental é aquela em que o pesquisador vai desenvolver sua investigação e análise, a partir do exame de documentos no sentido amplo.

Quanto à natureza, a pesquisa se classifica como qualitativa, no sentido de analisar aspectos subjetivos que atingem as motivações dos gestores da empresa quanto aos critérios de tomada de decisão, bem como a percepção deles em relação à eficácia dos métodos que utilizam atualmente para tomar a decisão. A partir daí, pretende-se desenvolver um modelo de análise para as decisões, com a utilização de dados quantitativos, dados contábeis, estatísticos e matemáticos, assumindo, dessa forma, uma perspectiva quantitativa. Em síntese, trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, uma vez que o cenário organizacional, ora, demanda uma análise subjetiva, a respeito dos critérios de decisão; ora, demanda uma análise objetiva e quantificada para o desenvolvimento do modelo que auxilie a empresa na tomada de decisão.

O presente estudo foi dividido em três etapas. Na primeira etapa do estudo, estabeleceram-se os objetivos e o problema de pesquisa, e fez-se necessária a realização da fundamentação teórica, com base em material bibliográfico e nos conceitos de autores da área de pesquisa operacional, que servirá de base para o presente estudo.

Na segunda etapa, foram coletados os dados junto ao gestor e também nos documentos relacionados aos custos fixos e variáveis que a empresa teve nos últimos meses, sendo estes o orçamento de produção de cada produto onde consta a quantidade de matéria prima utilizada, o tempo gasto para a produção de cada unidade de sacola e os processos produtivo por onde passa o produto até o acabamento final. As ordens de produção realizada no referido mês, onde consta a quantidade de cada pedido e o preço unitário do mesmo bem como o histórico de vendas e da produção. Através do levantamento desses dados, foi possível identificar os produtos fabricados, determinar a função objetivo e as restrições da empresa.

Para estabelecer a composição dos custos na formação dos preços, foi realizada uma entrevista semi-estruturada junto ao gestor da empresa. Com essa investigação, pretendeu-se também conhecer os quesitos que a empresa utiliza para a formação do preço de venda. Após coletados todos esses dados, foi possível viabilizar um modelo que proporcione a redução dos custos de produção da empresa, dando, assim, uma solução matemática ótima para a mesma.

Na terceira parte, os dados coletados foram tabulados e analisados, e a situação em relação a custos e preço foi evidenciada, completando o esquema de análise proposto. Cabe

esclarecer que, para a realização da solução ótima, sugeriu-se que a empresa utilizasse o programa Solver do Microsoft Excel.

### 3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

O presente estudo de caso foi realizado junto à empresa Emball Ltda. indústria de embalagens, que está há quatro anos no mercado de embalagens. A Emball Ltda. tem sua sede no município de Guarani das Missões- RS, na Rua Santa Rosa, 235, Centro.

A Emball é uma indústria preocupada com a produção de produtos de qualidade e com acabamento impecável, para melhor atender seus clientes. A empresa produz sacolas de papel, caixas, envelopes promocionais e calendários de vários tamanhos e formatos.

A missão da empresa em estudo é “garantir o acondicionamento, proteção, identificação e visualização, dessa forma preservando as características dos produtos de nossos clientes e causando a melhor impressão no mercado” (EMBALL LTDA., 2014).

A empresa Emball Ltda. (2014) tem como visão:

o comprometimento total com os clientes na oferta do melhor atendimento, produtos de confiança e qualidade asseguradas através de uma equipe competente, dedicada e orgulhosa de ser parte de uma empresa totalmente brasileira, mostrando ao mercado interno e externo a capacidade do Brasil em produção rentável e atualização tecnológica.

Essa empresa foi escolhida por representar na região uma significativa participação do mercado, no ramo de fabricação de embalagens, sendo que possui o preço de venda de suas embalagens baixo comparado com os das concorrentes. Devido a isso percebeu-se a oportunidade de apresentar a realidade da empresa para os gestores a partir da elaboração de um modelo de programação linear, para auxiliar no gerenciamento da empresa, já que quando se atua diariamente dentro da instituição é mais difícil visualizar alguns pontos que as pessoas que desenvolvem o levantamento dos dados conseguem perceber.

### 3.3 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados por meio da análise documental e de uma entrevista semiestruturada (Apêndice A) que foi aplicada ao gestor da indústria Emball Ltda.

A coleta dos dados sobre os custos<sup>1</sup> relacionados à produção da empresa Emball Ltda. foi obtida por meio da análise dos documentos da empresa. Dessa forma, realizou-se o levantamento da quantidade de matéria-prima e do custo da empresa na composição de seus produtos, podendo, assim, obter as restrições da sua produção.

Fez-se necessária a realização da entrevista semi-estruturada junto ao proprietário e gestor da indústria Emball, para poder entender como a empresa faz a formação dos preços de seus produtos, além de verificar a capacidade produtiva da empresa em cada produto, possibilitando o estabelecimento das restrições de produção da indústria.

### 3.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Após coletados, os dados foram revisados, e o modelo aplicado, sendo tabulados no Excel, em forma de tabelas e, por meio da ferramenta do Excel solver, que é uma ferramenta muito utilizada para a solução de problemas de programação linear, inseriram-se as restrições e pôde-se encontrar a solução ótima para a empresa, evidenciando a realidade da empresa, conforme sugeriu-se nesse trabalho.

Assim, o modelo matemático mostrou a realidade da empresa (estrutura, restrições, etc.), por meio da programação linear. A implantação do modelo proposto possibilitará a melhoria dos resultados financeiros, em virtude de auxiliar na aplicação de recursos escassos na empresa.

---

<sup>1</sup> : considera-se custos para fins de análise todos os gastos que são aplicados diretamente para a produção dos produtos.

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta sessão apresenta os resultados do presente estudo, que teve como objetivo determinar, por meio da programação linear, um modelo de solução ótima para a indústria de embalagens Emball Ltda., de modo a minimizar seus custos de produção. Nesse sentido, foi dividido em três etapas: identificação dos produtos fabricados; gestão dos custos e programação linear.

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS FABRICADOS

A indústria Emball Ltda. é uma empresa que trabalha com a produção por encomenda. Isso possibilita a ocorrência de variações no custo de produção de cada produto, de acordo com o tipo de produto que o cliente irá solicitar. Por exemplo, uma sacola de mesma medida pode ter variação no preço unitário, de acordo com o tipo de matéria-prima que o cliente deseja para a produção do seu produto. O orçamento de cada pedido do cliente é calculado, diretamente, com o lançamento dos tipos de produto e medida que o cliente necessita. A empresa fabrica caixas e sacolas de vários tipos e tamanhos.

Na formação dos preços de venda dos seus produtos a empresa leva em conta somente os custos, e deixando de lado as despesas administrativas, já que segundo o gestor não se tem calculado esses preços, considerando os gastos relacionados a administração.

Quando questionado sobre se levam em conta os preços dos produtos de concorrência, o gestor ressaltou que nunca foi atrás para saber qual o preço de venda de seus concorrentes, pois acredita que a forma mais fácil de minimizar os custos de produção é evitar o desperdício de matéria-prima, pois este é o recurso que deve ser aproveitado ao máximo possível.

Porém, mesmo preocupado com os gastos com o desperdício da principal matéria prima (o papelão), a empresa não revende os restos do material, pois não acha que seria viável entrar em contato com uma empresa para recolher. Mas para não ficar acumulando esse papelão, a empresa doa para as escolas do município para que as mesmas vendam, e obtenham uma renda a mais.

A empresa faz o cálculo dos custos por meio de um programa que a mesma possui, porém não se tem diferenciado o que é custo nem despesa para a mesma, sendo que a analisar a mesma trata tudo como sendo custos. Cabe ressaltar que o que restringe a produção e o tempo de trabalho gasto pelas máquinas para a elaboração de um pedido, já que é necessário terminar um para poder começar a produção de outro.

Como a empresa trabalha com a produção por encomenda e com isso acaba produzindo de acordo com o que o cliente deseja, optou por realizar a classificação ABC levando em conta a quantidade produzida de sacolas pela empresa no mês de setembro de 2014, sendo que a empresa realizou no referido mês a fabricação de 24 pedidos para clientes diferentes. Segundo Moreira (2008, p. 452) “a metodologia ABC é aplicável em qualquer caso de classificação de itens de qualquer natureza e sob qualquer critério”.

Os dados referentes aos pedidos de cada produto foram classificados de forma alfabética. Como mostra a Tabela 1.

Tabela 1- Dados da produção mensal da empresa

PRODUTOS	PREÇO UNITÁRIO	CONSUMO MENSAL	VALOR DO CONSUMO	GRAU
A	R\$ 3,09	3000	R\$ 9.270,00	<b>1°</b>
B	R\$ 1,85	4000	R\$ 7.400,00	<b>2°</b>
C	R\$ 1,34	2000	R\$ 2.680,00	<b>5°</b>
D	R\$ 1,26	4000	R\$ 5.040,00	<b>3°</b>
E	R\$ 1,85	2000	R\$ 3.700,00	<b>4°</b>
F	R\$ 1,00	500	R\$ 500,00	<b>23°</b>
G	R\$ 1,05	100	R\$ 105,00	24°
H	R\$ 0,97	800	R\$ 776,00	<b>18°</b>
I	R\$ 0,80	724	R\$ 579,20	<b>21°</b>
J	R\$ 1,25	500	R\$ 625,00	<b>20°</b>
L	R\$ 1,20	600	R\$ 720,00	<b>19°</b>
M	R\$ 0,95	1000	R\$ 950,00	<b>16°</b>
N	R\$ 2,20	500	R\$ 1.100,00	<b>12°</b>
O	R\$ 1,35	400	R\$ 540,00	<b>22°</b>
P	R\$ 2,10	500	R\$ 1.050,00	<b>13°</b>
Q	R\$ 1,25	1000	R\$ 1.250,00	<b>10°</b>
R	R\$ 1,25	790	R\$ 987,50	<b>15°</b>
S	R\$ 0,97	900	R\$ 873,00	<b>17°</b>
T	R\$ 1,00	1000	R\$ 1.000,00	<b>14°</b>
U	R\$ 1,49	1200	R\$ 1.788,00	<b>6°</b>
V	R\$ 1,78	680	R\$ 1.210,40	<b>11°</b>
X	R\$ 1,27	1300	R\$ 1.651,00	<b>7°</b>
Z	R\$ 3,00	500	R\$ 1.500,00	<b>8°</b>
W	R\$ 1,68	850	R\$ 1.428,00	<b>9°</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Como podemos perceber por meio da Tabela 1, fez se necessário saber o preço unitário de cada produto e a quantidade fabricada no referido mês, para que assim

multiplicando o preço unitário pela quantidade produzida para assim ter o valor de consumo mensal. A partir dos valores do consumo mensal pode-se enumerar os produtos de acordo com o grau de importância na receita da empresa.

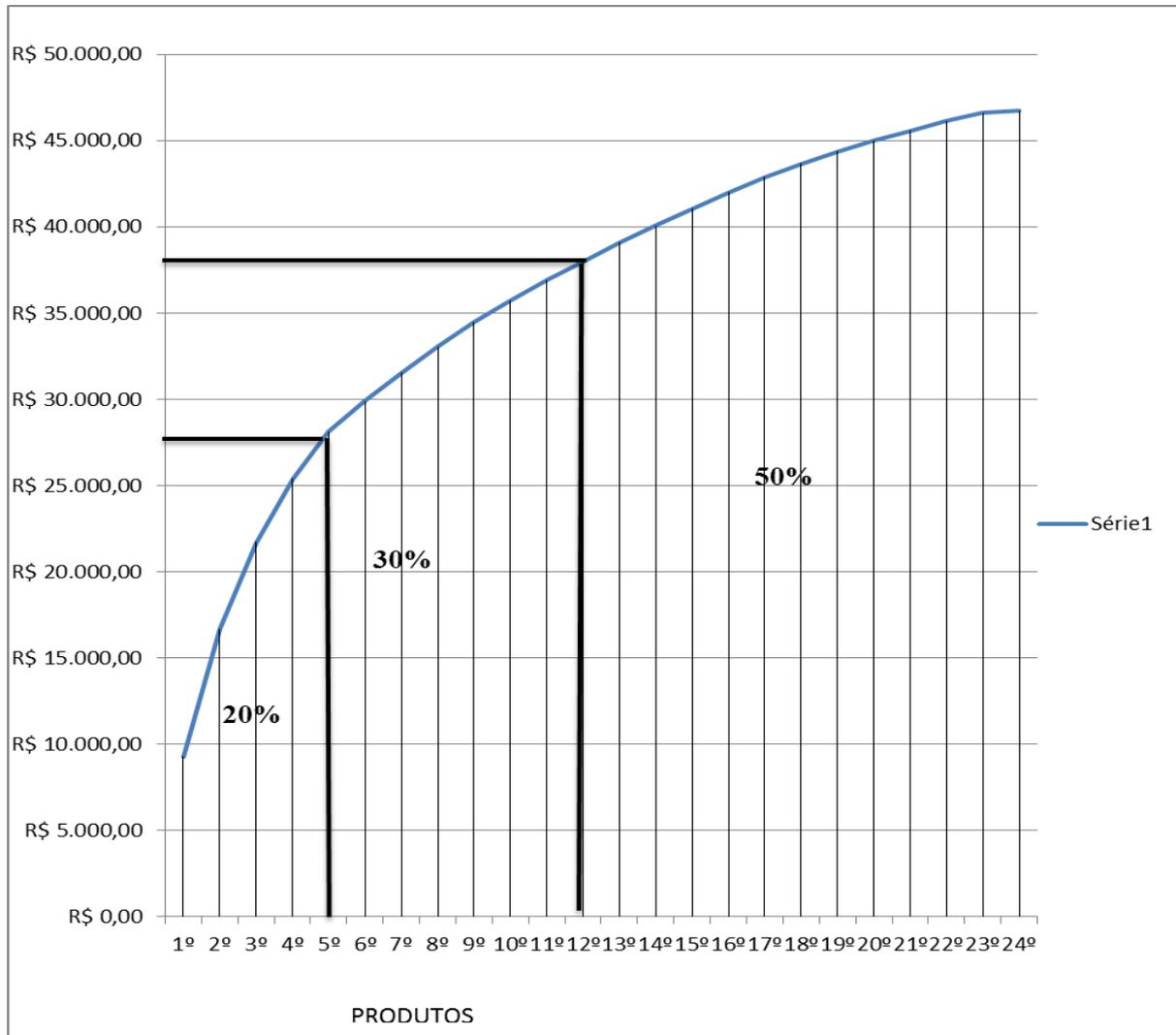
Depois de realizada a classificação dos produtos por ordem decrescente de valor de consumo, construiu-se então a Tabela 2, como apresentada a seguir.

Tabela 2- Ordenação dos dados da produção mensal

GRAU	PRODUTOS	VALOR DE CONSUMO	VALOR ACOMULADO	PORCENTAGEM SOBRE O VALOR DE CONSUMO TOTAL (%)
1°	A	R\$ 9.270,00	R\$ 9.270,00	19,84
2°	B	R\$ 7.400,00	R\$ 16.670,00	35,68
3°	D	R\$ 5.040,00	R\$ 21.710,00	46,47
4°	E	R\$ 3.700,00	R\$ 25.410,00	54,38
5°	C	R\$ 2.680,00	R\$ 28.090,00	60,12
6°	U	R\$ 1.788,00	R\$ 29.878,00	63,95
7°	X	R\$ 1.651,00	R\$ 31.529,00	67,48
8°	Z	R\$ 1.500,00	R\$ 33.029,00	70,69
9°	W	R\$ 1.428,00	R\$ 34.457,00	73,75
10°	Q	R\$ 1.250,00	R\$ 35.707,00	76,42
11°	V	R\$ 1.210,40	R\$ 36.917,40	79,01
12°	N	R\$ 1.100,00	R\$ 38.017,40	81,37
13°	P	R\$ 1.050,00	R\$ 39.067,40	83,61
14°	T	R\$ 1.000,00	R\$ 40.067,40	85,76
15°	R	R\$ 987,50	R\$ 41.054,90	87,87
16°	M	R\$ 950,00	R\$ 42.004,90	89,90
17°	S	R\$ 873,00	R\$ 42.877,90	91,77
18°	H	R\$ 776,00	R\$ 43.653,90	93,43
19°	L	R\$ 720,00	R\$ 44.373,90	94,97
20°	J	R\$ 625,00	R\$ 44.998,90	96,31
21°	I	R\$ 579,20	R\$ 45.578,10	97,55
22°	O	R\$ 540,00	R\$ 46.118,10	98,93
23°	F	R\$ 500,00	R\$ 46.618,10	99,78
24°	G	R\$ 105,00	R\$ 46.723,10	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Levando em conta os dados apresentado na Tabela 2, pode-se então construir a curva ABC sendo que no eixo cartesiano e registrado o número de itens, e no eixo das ordenadas, são apresentadas as somas relativas aos valores de consumo. Como apresentado na figura 2

**Figura 2- Curva ABC**

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Os cinco produtos fabricados no referido mês que tiveram maior representatividade na receita da empresa e estão classificados como sendo da classe A são: sacola envernizada -151 (39×42×15); sacola plastificada -106 (34×25×09); sacolas offset -128 (33×38×12); sacola offset-106 (34×25×09) e sacola offset -131(52×35×12,5), sendo que para a análise e tabulação dos dados, esses produtos foram representados pelas letras A, B, C, D e E, respectivamente. Esses cinco produtos representam aproximadamente 60% da receita da empresa durante esse mês.

Moreira (2008) ressalta que os produtos que se enquadram na classificação A são responsáveis pela maior porcentagem de investimentos e que essa classe é composta por um pequeno número de produtos, porém tem grande representatividade na receita da empresa.

Dessa forma, atingiu-se o primeiro objetivo, que era identificar os produtos fabricados pela empresa Emball Ltda.

A partir dos dados obtidos junto à empresa, referentes à quantidade produzida, aos custos de produção e à receita obtida com a venda das sacolas, no mês de setembro de 2014, foi montado o Demonstrativo de Resultado do Exercício (DRE).

#### 4.2 GESTÃO DOS CUSTOS

Para organizar os dados coletados na empresa, optou-se por organizar a estrutura de Demonstrativo de Resultado do Exercício - DRE e, para apresentar a elaboração dessa estrutura, optou-se por utilizar o método do custeio variável. Dessa forma, pode-se visualizar os custos para a elaboração de cada produto, o seu lucro e a sua margem de contribuição na receita da empresa. No Tabela 3, apresentam-se os custos fixos e variáveis de cada tipo de sacola, o seu lucro e a sua margem de contribuição.

Tabela 3-Demonstrativo de Resultado do Exercício

Descrição	A	B	C	D	E	TOTAL
RECEITA OPERACIONAL	R\$ 9.270,00	R\$ 5.800,00	R\$ 2.680,00	R\$ 5.040,00	R\$ 3.720,00	R\$ 26.510,00
Vendas de sacolas	R\$ 9.270,00	R\$ 5.800,00	R\$ 2.680,00	R\$ 5.040,00	R\$ 3.720,00	R\$ 26.510,00
<b>(-) custos e despesas variáveis</b>	<b>R\$ 4.884,23</b>	<b>R\$ 3.376,34</b>	<b>R\$ 1.792,62</b>	<b>R\$ 3.167,03</b>	<b>R\$ 2.543,60</b>	R\$ 15.763,82
Chapa Miller	R\$ 61,20	R\$ 40,80	R\$ 20,40	-	-	R\$ 122,40
Duplex klanbin	R\$ 3.046,12	-	-	-	-	R\$ 3.046,12
Tinta ouro	R\$ 601,29	R\$ 30,60	-	-	-	R\$ 631,89
Verniz	R\$ 107,02	-	-	-	-	R\$ 107,02
Alça gorgurão	R\$ 642,60	-	-	-	-	R\$ 642,60
Duplex papirus (660×960)	-	R\$ 1.515,71	-	-	-	R\$ 1.515,71
Duplex papirus (770×1130)	-	R\$ 277,87	-	R\$ 277,87	R\$ 207,48	R\$ 763,22
Tinta preta	-	R\$ 51,41	R\$ 45,70	-	-	R\$ 97,11
Plástico brilho	-	R\$ 271,43	-	-	-	R\$ 271,43
Ilhós	-	R\$ 195,84	-	R\$ 195,84	R\$ 97,92	R\$ 489,60
Alça cordão	-	R\$ 448,80	R\$ 224,40	R\$ 448,80	R\$ 224,40	R\$ 1.346,40
Offset (660×960)	-	-	R\$ 1.231,60	R\$ 1.219,76	R\$ 1.243,44	R\$ 3.694,80
Frete	R\$ 120,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ 170,00	R\$ 140,00	R\$ 510,00
Energia e manutenção das máquinas	R\$ 306,00	R\$ 448,80	R\$ 204,00	R\$ 448,80	R\$ 224,40	R\$ 1.632,00

Impressão terceirizada	-	R\$ 55,08	R\$ 26,52	R\$ 405,96	R\$ 405,96	R\$ 893,52
MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO	R\$ 4.385,77	R\$ 2.423,66	R\$ 887,38	R\$ 1.872,97	R\$ 1.176,40	R\$ 10.746,18
<b>(-) Custos e despesas fixas<sup>2</sup></b>	<b>R\$ 542,77</b>	<b>R\$ 711,90</b>	<b>R\$ 278,43</b>	<b>R\$ 165,78</b>	<b>R\$ 164,43</b>	R\$ 1.863,31
mão-de-obra	R\$ 542,77	R\$ 711,90	R\$ 278,43	R\$ 165,78	R\$ 164,43	R\$ 1.863,31
<b>RESULTADO BRUTO</b>	<b>R\$ 3.843,00</b>	<b>R\$ 1.711,76</b>	<b>R\$ 608,95</b>	<b>R\$ 1.707,19</b>	<b>R\$ 1.011,97</b>	<b>R\$ 8.882,87</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Percebe-se, ao analisar o demonstrativo dos 5 produtos com maior receita da indústria de embalagens Emball Ltda., no período de um mês, que a empresa teve um resultado bruto de R\$ 8.882,87, sendo que o produto que mais contribuiu para o lucro da empresa foi o produto A, com um valor de R\$ 3.843,00. Já a margem de contribuição da empresa com a fabricação dos 5 produtos foi de R\$ 10.746,18, e o produto que teve maior representatividade, mais uma vez, foi o produto A, com um valor de R\$ 4.385,77.

Cabe ressaltar que, na formação dos custos de produção dos seus produtos, a empresa não leva em conta as despesas fixas como, por exemplo, as despesas administrativas e as despesas com propaganda e marketing. Importante explicar que o valor para cobrir esses gastos é retirado do montante do resultado operacional após a venda dos produtos de todo o mês.

Na Tabela 4, é apresentada a soma custos fixos e variáveis de cada produto, durante o mês de setembro, bem como o custo total por unidade de cada produto.

Tabela 4- Custos fixos e variáveis por unidade

Produtos	Quantidade produzida	Custo fixo/ unidade	Custos variáveis/ unidade	Custos totais/ unidade
A	3000	R\$ 0,18	R\$ 1,63	R\$ 1,81
B	4000	R\$ 0,18	R\$ 0,84	R\$ 1,02
C	2000	R\$ 0,36	R\$ 0,90	R\$ 1,25
D	4000	R\$ 0,04	R\$ 0,79	R\$ 0,83
E	2000	R\$ 0,08	R\$ 1,27	R\$ 1,35

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

<sup>2</sup> ; somente os dados que estão apresentados na tabela 3, de custos e despesas fixas são os que a empresa tem contabilizado e foram os que a mesma disponibilizou.

Por meio dos dados, pode-se observar que o produto que tem o maior custo de fabricação é o produto A, com um custo de R\$ 1,81 por unidade produzida. Esse custo elevado deve-se aos vários tipos de matéria-prima nele acrescentados. Por outro lado, o produto que apresenta o menor custo total é o produto D, no valor de R\$ 0,83. Os custos envolvidos na fabricação de cada tipo de produto são calculados por meio de um sistema que a empresa possui, no qual já estão colocados os custos que se terá para a elaboração de cada produto.

O cálculo do lucro por produto e do lucro mensal dos pedidos foi realizado depois de calculadas as receitas e os custos fixos e variáveis dos produtos pertencentes aos cinco produtos da classe A produzidos pela indústria de embalagem em estudo. A lucratividade mensal pode ser observada na Tabela 5.

Tabela 5-Lucratividade

Produto	Resultado bruto por pedido	Quantidade produzida	Lucro por produto unitário
A	R\$ 3.843,00	3000	R\$ 1,28
B	R\$ 1.711,76	4000	R\$ 0,43
C	R\$ 608,95	2000	R\$ 0,30
D	R\$ 1.707,19	4000	R\$ 0,43
E	R\$ 1.011,97	2000	R\$ 0,51

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Verifica-se, ao analisar os resultados obtidos, que o produto com a maior representatividade no lucro total é a sacola A, com um lucro total de R\$ 3.843,00, seguida da sacola B, com um lucro de R\$ 1.711,76 e, posteriormente, a sacola D, com um valor de R\$ 1.707,19. A sacola que tem menos representatividade no lucro da empresa é a sacola do tipo C, com um valor de R\$ 0,30 por unidade produzida.

Calculou-se a margem de contribuição total do pedido e a margem de contribuição de cada produto porque, além do lucro da empresa, é preciso saber quanto cada produto está contribuindo mais para cobrir os custos. A margem de contribuição pode ser observada na Tabela 6.

Tabela 6-Margem de contribuição

Produtos	Margem de contribuição total do pedido	Quantidade produzida	Margem de contribuição por produto unitário
A	R\$ 4.385,77	3000	R\$ 1,46
B	R\$ 2.423,66	4000	R\$ 0,61
C	R\$ 887,38	2000	R\$ 0,44
D	R\$ 1.872,97	4000	R\$ 0,47
E	R\$ 1.176,40	2000	R\$ 0,59

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

A análise dos resultados apresentados na Tabela 6 indica que o produto que mais contribui para cobrir os custos, analisando a margem de contribuição total, é a sacola A, com uma margem de contribuição de R\$ 1,46 por unidade. Por outro lado, a sacola que menos contribui para o pagamento dos custos de produção é a sacola do tipo C, com um valor de R\$ 0,44.

Expostos e analisados os dados sobre a margem de contribuição, parte-se para os cálculos em relação ao ponto de equilíbrio (Tabela 7) de produtos fabricados na empresa em estudo.

Tabela 7-Ponto de equilíbrio

Produtos	Custos e despesas fixas	Margem de contribuição unitária	Ponto de Equilíbrio (unidades)
A	R\$ 542,77	R\$ 1,46	372
B	R\$ 711,90	R\$ 0,61	1167
C	R\$ 278,43	R\$ 0,44	633
D	R\$ 165,78	R\$ 0,47	353
E	R\$ 164,43	R\$ 0,59	279

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Através do ponto de equilíbrio, podemos saber quantos produtos de cada tipo a empresa deve produzir, de modo que não obtenha lucro, porém que, com a venda destes, esteja cobrindo seus custos de produção. Segundo Cruz (2006, p. 5), “a análise do ponto de

equilíbrio é uma boa ferramenta para a gerência visualizar a situação econômica global das operações da empresa e tirar proveito das relações entre as suas variáveis”.

O produto que possui o maior ponto de equilíbrio é o produto B, com uma quantidade de 1.169 unidades, seguido do produto C, com a necessidade de 633 unidades para minimizar seus custos de produção. O produto que possui o menor ponto de equilíbrio é o produto do tipo E, com um valor de 279 unidades.

Cabe ressaltar que, em relação ao ponto de equilíbrio, quanto menor for o resultado, melhor para a empresa, já que uma menor quantidade de unidades precisa ser vendida para cobrir os custos da fabricação de cada produto.

Outro dado que deve ser levado em conta na elaboração das restrições da empresa é o tempo gasto para a fabricação de cada produto unitário como apresentado na Tabela 8:

Tabela 8- Tempo de fabricação de cada unidade de produto

<b>Processo produtivo/produto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Gravação de chapas	0,01	0,005	0,005	0	0
Plastificação	0	0,93	0	0	0
Impressão	0,077	0,039	0,044	0	0
Corte e vinco interno	0,16	0,081	0,16	0,081	0,162
Guilhotina	0,016	0,012	0,017	0,011	0,022
<b>TOTAL</b>	<b>0,263</b>	<b>1,067</b>	<b>0,226</b>	<b>0,092</b>	<b>0,184</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2014).

Por meio da Tabela 8 podemos visualizar o tempo gasto, em minutos para a produção de cada produto, levando em conta o tempo gasto em cada etapa do processo produtivo. Pode-se notar que o produto que leva mais tempo para a fabricação é o produto B com 1,067 minutos para a fabricação de cada unidade de produto, já o produto D é o que menos tempo é gasto na fabricação, sendo de apenas 0,092 minutos.

Na empresa os funcionários trabalham 176 horas mensais, sendo que para análise dos dados a mesma foram convertidas em minutos por meio da fórmula: (176 horas × 60 minutos= 10.560 minutos). Sendo assim cada funcionário trabalha 10.560 minutos por mês.

### 4.3 PROGRAMAÇÃO LINEAR

Nesta etapa, será elaborado o modelo matemático de modo que minimize os custos de produção de acordo com a realidade da empresa. Primeiramente, foram identificadas as variáveis de decisão, conforme apresentado no Quadro 2. Observa-se que foram utilizados todos os produtos como apresentados na gestão dos custos.

Quadro 2- Variáveis de decisão

$X_i$	Variáveis de decisão
$X_1$	Quantidade de produto A produzido
$X_2$	Quantidade de produto B produzido
$X_3$	Quantidade de produto C produzido
$X_4$	Quantidade de produto D produzido
$X_5$	Quantidade de produto E produzido

Fonte: dados da pesquisa (2014).

Após a definição das variáveis de decisão, elaborou-se a função objetivo que visa auxiliar na minimização do custo total da empresa de embalagens Emball Ltda., de acordo com o custo unitário apurado em cada produto, tendo como base de apoio, os demonstrativos financeiros. A função objetivo ficou assim definida:

$$\mathbf{Z \min = 1,81X_1 + 1,02X_2 + 1,25X_3 + 0,83X_4 + 1,35X_5}$$

(1)

Para construir a função objetivo do modelo que pretende viabilizar a minimização dos custos de produção, foram utilizados os dados do custo total unitário de cada produto, ou seja, a quantidade gasta para ser produzida cada unidade de sacola, dados apresentados na Tabela 4.

Além da função objetivo, fez-se necessário definir as restrições da produção de cada sacola, de acordo com as limitações de recursos necessários para a produção de cada produto. Apresentam-se, a seguir, as restrições 2 a 10:

$$X_1 \geq 372$$

(2)

$$X_2 \geq 1.169$$

(3)

$$X_3 \geq 633$$

(4)

$$X_4 \geq 353$$

(5)

$$X_5 \geq 279$$

(6)

$$0,18X_1 + 0,18X_2 + 0,36X_3 + 0,04X_4 + 0,08X_5 \leq \text{R\$ } 1.863,31$$

(7)

$$1,63X_1 + 0,84X_2 + 0,90X_3 + 0,79X_4 + 1,27X_5 \leq \text{R\$ } 15.763,82$$

(8)

$$0,263 X_1 + 1,067 X_2 + 0,226 X_3 + 0,092 X_4 + 0,184 X_5 \leq 10.560 \text{ minutos}$$

(9)

As restrições de (2), (3), (4), (5) e (6) representam, de acordo com o ponto de equilíbrio, a quantidade mínima de cada produto que se deve produzir, de modo que minimize os custos de produção. A restrição (7) representa o custo fixo unitário para a produção de cada unidade do produto, e a restrição (8) representa a quantidade gasta, em custos variáveis. Na restrição (9) apresenta o tempo gasto em minutos para a produção dos produtos não podem ser superiores há 10.560 minutos, já que os funcionários somente trabalham 176 horas mensais, ou seja 10.560 minutos.

Após a ter definido a função objetivo e as restrições da produção da empresa, realizou-se por meio do Excel/Solver o cálculo da solução ótima como apresentado na Tabela 9.

Tabela 9: Solução de Excel/solver

Restrições	X1	X2	X3	X4	X5	QUANTIDADE UTILIZADA	DISPONIBILIDADE
2 <sup>a</sup>	1	0	0	0	0	372	372
3 <sup>a</sup>	0	1	0	0	0	1169	1169
4 <sup>a</sup>	0	0	1	0	0	633	633
5 <sup>a</sup>	0	0	0	1	0	353	353
6 <sup>a</sup>	0	0	0	0	1	279	279
7 <sup>a</sup>	0,18	0,18	0,36	0,04	0,08	541,7	1863,82
8 <sup>a</sup>	1,63	0,84	0,9	0,79	1,27	2791,22	15763,82
9 <sup>o</sup>	0,263	1,067	0,226	0,092	0,184	1572,029	10560
Variáveis	372	1169	633	353	279		
Função	1,81	1,02	1,25	0,83	1,35		3326,59

Fonte: dados da pesquisa (2014).

Como podemos notar na Tabela 9, para atingir a solução ótima, que é de minimizar os custos de produção a empresa necessita produzir mensalmente :

$X_1 = 372$  unidades

$X_2 = 1.169$  unidades

$X_3 = 633$  unidades

$X_4 = 353$  unidades

$X_5 = 279$  unidades

O resultado foi constatado por meio a solução encontrada por meio do Excel/Solver. O que mostra que para a empresa cobrir os custos de produção ela deve produzir a quantidade apresentada a partir das informações definidas na função objetivo.

Cabe destacar que não houve possibilidade de desenvolver outros cálculos, além dos apresentados nesse trabalho, devido a não ter como extrair dos relatórios da empresa mais informações em relação às despesas, índice de pessoal empregado, entre outros dados que a empresa não tem contabilizado.

Apesar disso, por fim, ressalta-se que a partir desses dados e informações, a empresa pode trabalhar cenários relacionados com sua capacidade de produção e aos seus custos, levando em conta os produtos que apresentam maior impacto em suas receitas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo principal apresentar à indústria de embalagens Emball Ltda. um modelo de solução ótima que possibilite minimizar seus custos de produção, a partir da gestão dos custos de fabricação de cada produto e por meio da ferramenta matemática de programação linear. Para conseguir atingir esse objetivo, o presente estudo foi dividido em três etapas: identificação dos produtos a serem analisados, por meio da classificação ABC, a gestão dos custos e a elaboração do modelo matemático.

Na primeira etapa, com base na produção do mês de setembro, foram identificados os produtos, conforme a classificação ABC. Optou-se por trabalhar com cinco produtos classificados na classe A.

Na segunda etapa, os dados dos cinco produtos com maior representatividade na receita da empresa foram organizados a partir dos custos de sua produção, para, dessa forma, poder verificar, de maneira mais clara, a margem de contribuição, o lucro obtido com a venda de cada produto, o seu ponto de equilíbrio. Com isso, foi possível verificar que o produto que é mais rentável é o produto A, com um lucro de R\$ 1,28 por unidade e com a maior margem de contribuição, com um valor de R\$ 1,46 por unidade; e o produto com o maior ponto de equilíbrio foi o produto B com 1167 unidades.

Na terceira etapa, foi elaborado o modelo de solução ótima com base no ponto de equilíbrio calculado de acordo com os custos que a empresa possui. Cabe ressaltar que o modelo matemático não leva em conta fatores externos que surgem com o passar do tempo.

Percebeu-se, por meio da análise dos dados, que a empresa não está tendo prejuízo na elaboração dos seus produtos, porém, para cobrir os custos de produção dos referidos produtos, a empresa gasta de em média 20% da produção. Dessa forma, o restante das vendas é lucro para a empresa. Cabe esclarecer que a empresa não calcula separadamente as despesas para a elaboração dos preços de venda e considera tudo como custo.

Como sugestão para futuros estudos e para realizar a simulação de cenários que a empresa pode vir a encontrar no mercado em que atua, propõe-se a identificação de fatores que podem limitar a produção de alguns produtos, de acordo com as restrições dessa empresa. Dessa forma, esses cenários que serão visualizados, por meio da solução ótima encontrada no modelo matemático para empresa, podem servir como ferramenta de apoio à tomada de decisão dos gestores.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. D.; YANASSE, H. H.; SOMA, N. Y. **Pesquisa Operacional**: Um mapeamento da produção científica brasileira em artigos publicados nos periódicos indexados na web of science. 2013. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2013/pdf/arq0366.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2014.
- ANDRADE, E. L. de. **Introdução à pesquisa operacional**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H.. **Pesquisa operacional para cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BERGER, R. et al. Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear. **Revista Floresta**. p. 53-62. 2002. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/viewFile/2277/1902>>. Acesso em: 15 de set. 2014
- BUENO, F. **Otimização Gerencial com Excel**. Florianópolis: Visual Books, 2007.
- CAIXETA FILHO, J. V. **Pesquisa operacional**: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- CANECA, R. B.; VASCONCELOS, M. T. C. **Um estudo sobre a importância da aplicação dos métodos quantitativos à Contabilidade**. 2007. Disponível em: <<http://www.intercostos.org/documentos/Lira.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2014.
- COLIN, E. C. **Pesquisa operacional**: 170 aplicações em estratégias, finanças, logística, produção, marketing e vendas. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- CRUZ, J. A. W. O impacto do custo do capital próprio no ponto de equilíbrio. **Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ**. Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2006. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/rmcuerj/article/view/5584/4065>>. Acesso em: 15 set. 2014.
- DIAS, M. A.P. **Administração de materiais**: princípios, conceitos e gestão. 6.ed. São Paulo: Atlas S.A, 2012.
- EMBALL LTDA. 2014. Disponível em: <<http://www.emball.com.br/miss.php>>. Acesso em: 24 jun. 2014.
- FROSSARD, A. C. P. Programação Linear: Maximização de Lucro e Minimização de Custos. **Revista Científica da Faculdade Lourenço Filho**. v. 6, n. 1, 2009. Disponível em: <[http://www.flf.edu.br/revista-flf.ed/volume06/V6\\_02.pdf](http://www.flf.edu.br/revista-flf.ed/volume06/V6_02.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2014.
- GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa**: projetos e relatórios. 2. ed. São Paulo: Loyola, 2004. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=XHnajlTNILIC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.br/books?id=XHnajlTNILIC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 9 jun. 2014.

GONÇALVES, P.S. **Administração de materiais**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

GONSALVES, E. P. **Conversa sobre iniciação à pesquisa científica**. 4. ed. São Paulo: Alínea, 2007.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

JESUS, J. B. de; FAVONI, C. **O uso da ferramenta Solver do Excel na resolução de problemas de programação linear**. 2006. Disponível em: <[http://www.pucrs.br/famat/viali/graduacao/producao/po\\_2/material/apostilas/Arigo\\_Solver.pdf](http://www.pucrs.br/famat/viali/graduacao/producao/po_2/material/apostilas/Arigo_Solver.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2014.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LOESCH, C.; HEIN, N. **Pesquisa operacional: fundamentos e modelos**. São Paulo: Saraiva, 2009.

LOEBLEIN, L. C.; GODOY, L. P.; TABORDA, L. W.; OLIVEIRA, D. C. Aplicação da programação linear para minimização de perda de aparas em indústria metal mecânica. **Revista Gestão Industrial**. Paraná, v. 08, n. 04, p. 14-29, 2012. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/revistagi/article/view/1381>>. Acesso em: 17 abr. 2014.

MARETH, T.; PAIM, E. S. E.; PIENIZ, L. P.; ERTHAL, F. S.; Programação linear como ferramenta de apoio a gestão de custos: um estudo de caso em uma indústria de usinagem. **XLISBPO**. p. 96-107, ago./set. 2010. Disponível em: <<http://www.Din.uem.br/sbpo/sbpo2010/pdf/72544.pdf>>. Acesso em: 15 set.2014.

MARTINS, P.G.; ALT, P.R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PADOVEZE, C.L. **Contabilidade gerencial: Um Enfoque em Sistema de Informações Contábil**. 7. Ed. São Paulo, 2010.

PASSOS, E. J. P. F. de. **Programação linear como instrumento da pesquisa operacional**. São Paulo: Atlas, 2008.

PETERSON, R. **Introdução à programação linear**. 2011. 39 f. Monografia ( ) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Matemática, Campo Mourão - Paraná, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/660/1/CM\\_ESPMAT\\_I\\_2011\\_14.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/660/1/CM_ESPMAT_I_2011_14.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2014.

POSSAMAI, J. P.; PESCADOR, A. Transporte e estocagem de fumo – um modelo de programação linear usado na tomada de decisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39, 2011. **Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. 2011. Disponível em:  
<<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sexoestec/art1810.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2014.

RAGSDALE, C.T.; **Modelagem e análise de decisão**. São Paulo: Congage Learning, 2009.

RUBERTO, I. V. G.; MARETH, T.; PAIM, E. S. E.; PIENIZ, L. P. Contribuição da programação linear na gestão de custos e na produtividade em uma propriedade rural. **Custos e @gronegocio on line**. v. 9, n. 1, jan./mar. 2013. Disponível em:  
<<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v9/Programacao%20linear.pdf>>. Acesso em: 13 set.2014.

SCHMIDT, A. G.; PAIM, E. S. E.; PIENIZ, L. P.; MARETH, T. Contribuição da programação linear na análise de viabilidade: o caso da indústria de confecções de uniformes. **Revista de Negócios**. n. 5, mar./2011. Disponível em:  
<<http://www.unifin.com.br/Content/arquivos/20111006160641.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A.; **Gestão de Custos: Aplicações Operacionais e Estratégicas**. 2.ed. São Paulo. 1011

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA OPERACIONAL (SOBRAPO). 2014. Disponível em: <[http://www.sobrapo.org.br/o\\_que\\_e\\_po.php](http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php)>. Acesso em: 20 abr. 2014.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson. 2008.

## APÊNDICE A



### UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL CAMPUS-CERRO LARGO CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

Este roteiro de entrevista faz parte do trabalho de conclusão de curso da aluna Marta Koslowski Prudente, e tem por objetivo “determinar, por meio da programação linear, um modelo de solução ótima para a indústria de embalagens Emball Ltda., de modo que minimize seus custos de produção”. A partir desta investigação e interpretação dados e informações que evidenciam o atual modelo de tomada de decisão, pretende-se desenvolver um modelo matemático que sirva de base para a tomada de decisão da empresa no que se refere a custos e a formação de preços.

Questões:

1. Que produtos a empresa produz? Como são atribuídos os custos aos produtos e a formação dos preços?
2. Qual sua percepção em relação à melhor maneira de minimizar os custos?
3. Qual a motivação e os critérios para a formação do atual quadro dos custos?
4. Para estabelecer os preços de venda são analisados os preços da concorrência? Como faz para tomar a decisão em relação à formação dos preços?
5. Que documentos são utilizados para identificar e analisar dos custos?
6. Atualmente, a empresa faz cálculos dos custos e das despesas? Como?
7. Há uma identificação de quais produtos são mais lucrativos?
8. O que restringe a produção e as vendas da empresa está relacionado à capacidade produtiva, aos recursos (humanos, financeiros)? O que restringe a redução de custos da empresa? Explique as restrições existentes na empresa.