



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANES
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

AÉCIO FABRÍCIO DA SILVA OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO: estudo de caso na empresa
Ultragaz do Estado de Sergipe**

**Aracaju – SE
2014.2**

AÉCIO FABRÍCIO DA SILVA OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO: estudo de caso na empresa
Ultragaz do Estado de Sergipe**

Monografia apresentada ao departamento de Engenharia de Produção da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe - FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção no período de 2014.2.

Orientador: Prof. Msc. André Maciel Passos Gabillaud

Coordenador: Prof.Msc. Alcides Araújo Filho.

**Aracaju – SE
2014.2**

FICHA CATALOGRÁFICA

O48o OLIVEIRA, Aécio Fabrício da Silva

Otimização do Processo: estudo de caso na empresa Ultragaz do Estado de Sergipe / Aécio Fabricio da Silva Oliveira. Aracaju, 2014. 62 f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Departamento de Engenharia de Produção, 2014.

Orientador: Prof. Me. André Maciel Passos Gabillaud

1. Planejamento 2. Solução 3. Maximização 4. Problemas I.TÍTULO.

CDU 658.5: 531-142.38(813.7)

AÉCIO FABRÍCIO DA SILVA OLIVEIRA

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO: estudo de caso na empresa
Ultragaz do Estado de Sergipe**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2014.2.

Aprovado (a) com média: _____

**Prof. Msc. André Maciel Passos Gabillaud
1º Examinador (Orientador)**

**Wilson Linhares
2º Examinador**

**Professor: Esp. Kleber Andrade Souza
3º Examinador**

Aracaju (SE), _____ de _____ de 2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que aconteceu, está acontecendo e vai acontecer na minha caminhada.

Aos meus pais, Arnaldo e Leacir por todo o apoio e incentivo de sempre e aos meus irmãos Junior e Anderson, amo vocês.

A minha esposa pela compreensão, paciência e dedicação de sempre. Amo você!

A família Ultragaz pela oportunidade e por contribuírem de forma direta na minha formação.

Ao meu orientador, professor Msc. André Gabillaud pelos incentivos e paciência durante as etapas deste trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

JOSÉ DE ALENCAR

RESUMO

Dentre os diversos problemas enfrentados na tomada de decisão dentro das empresas, existe a dúvida na definição de qual estratégia mais adequada será utilizada para potencializar os seus rendimentos, uma das alternativas que garantem maior segurança para os gestores, é a utilização de uma das ferramentas da Pesquisa Operacional, que é baseado em um modelo matemático de Programação Linear e o auxílio do software Lingo, que levam em consideração os pontos essenciais do problema, e caso não sejam atendidos, inviabilizam uma solução. A técnica da Pesquisa Operacional foi utilizada para solucionar o problema abordado nesse estudo de caso. Ela tem como objetivo propor a melhor alternativa de planejamento de produção, para a Bahiana Distribuidora de Gás Ltda, por meio da avaliação de algumas das opções disponíveis de soluções viáveis e que estejam de acordo com os aspectos limitantes de mercado, financeiros e operacionais da empresa, a melhor solução possibilita a maximização dos lucros da organização. O resultado desse trabalho é uma proposta de Planejamento de Produção que viabilize a estratégia de engarrafamento de botijões otimizando os recursos em função do melhor lucro.

Palavras chaves: Planejamento, solução, maximização, problema, lucro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processos: Input, Transformação, Output.....	17
Figura 2 – Forma padrão de PL.....	25
Figura 3 - Fluxo de resolução analítica	27
Figura 4a – Cálculo no Solver	29
Figura 4b – Cálculo no Solver	29
Figura 4c – Cálculo no Solver	30
Figura 5 – Tela inicial do programa Lingo.....	32
Figura 6 – Tela do programa Lingo com o problema proposto.....	32
Figura 7 – iniciando solução pelo ícone	33
Figura 8 – Janela da análise de sensibilidade	33
Figura 9 – Simbologia do Fluxograma	34
Figura 10 – Plataforma de envasamento da Ultragaz.....	42
Figura 11 – Fluxo do Processo de Inspeção.....	43
Figura 12 – Descarregamento de Vasilhames	44
Figura 13 – Inspeção Visual Antes do Envasamento	44
Figura 14 – Retirada de Lacre e Etiqueta	45
Figura 15 – Ampliação de Tara.....	45
Figura 16 – Balança do Carrossel.....	46
Figura 17 – Balança de Recheque	46
Figura 18 – Tira e Põe	47
Figura 19 – Cabine de Pintura	47
Figura 20 – Etiquetadora.....	48
Figura 21 – Posicionamento de Lacre	48
Figura 22 – Inspeção Visual Depois do Envase.....	49
Figura 23 – Carregamento de Vasilhames no Veículo	49
Figura 24 – Simulação 1a.....	54
Figura 25 – Simulação 1b	54
Figura 26 – Simulação 2a.....	55
Figura 27 – Simulação 2b	56
Figura 28 – Simulação 3a.....	57
Figura 29 – Simulação 3b	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos Sistemas de Produção	19
Quadro 2 – Variáveis e Indicadores da pesquisa	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico1 -Margem de contribuição	58
---	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1–Capacidade de produção total	50
Tabela 2 – Resumo de Engarrafamento Ultragaz	51
Tabela 3 – Resumo de Engarrafamento Liquigás.....	51
Tabela 4 – Resumo de Engarrafamento SHV	52
Tabela 5 – Margem de contribuição por unidade	52
Tabela 6 – Envasamento máximo em toneladas/mês	53
Tabela 7 – Variáveis de decisão.....	53
Tabela 8– comparação dos resultados	58

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Situação Problema	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa.....	14
1.4 Caracterização da Empresa.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Sistema Produtivo	17
2.1.1 Tipos de sistemas produtivos	18
2.1.2 Sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha.....	19
2.1.3 Sistemas de produção por lotes	20
2.1.4 Sistemas de produção para grandes projetos.....	21
2.2 Pesquisa Operacional	22
2.3 Programação Linear.....	24
2.4 Tipos de Programação Linear	26
2.4.1 Resolução gráfica.....	26
2.4.2 Simplex.....	27
2.4.3 Modelagem no solver.....	28
2.4.4 Modelagem no Lingo.....	30
2.4.4.1 cálculo no Lingo	31
2.5 Fluxograma	34
3 METODOLOGIA	35
3.1 Abordagem Metodológica	35
3.2 Caracterização da Pesquisa	36
3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins	36
3.2.2 Quanto aos objetos ou meios	37
3.2.3 Quanto ao Tratamento dos Dados	38
3.3 Instrumentos de Pesquisa.....	39
3.4 Unidade, Universo, Amostra	39
3.5 Variáveis e Indicadores da Pesquisa.....	40
3.6 Plano de Registro e Análise de Dados	40
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
4.1 Caracterização do Processo de Envasamento Atual de Gás LP.....	41
4.2 Modelo Matemático	50
4.3 Avaliação dos Resultados	58
5 CONCLUSÃO	60

6REFERÊNCIA	61
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A Pesquisa Operacional (PO) é uma técnica para a tomada de decisão, que por modelagem matemática de problemas, busca soluções ótimas aplicadas à realidade empresarial. A necessidade da aplicação da PO para a resolução de problemas complexos, otimizando, os resultados das organizações se dá pela competitiva economia em que estão inseridas hoje, pois o processo decisório não admite falhas na resolução de problemas, nem resultados abaixo do esperado.

Os problemas de Programação Linear (PL) buscam a distribuição eficiente de recursos limitados para atender um determinado objetivo, em geral, maximizar lucros ou minimizar custos. Esse objetivo é expresso através da "Função Objetivo", considerando as limitações dos recursos que as atividades consomem, apresentadas em forma de equações e inequações lineares - uma para cada recurso - denominadas "Restrições do Modelo". Em busca de uma ou mais soluções ótimas.

Algumas alternativas foram desenvolvidas para otimizar a busca por soluções, uma delas foi o método Simplex que é um algoritmo que faz uso de um ferramental baseado em álgebra linear para determinar, por um método iterativo, a solução ótima de um problema de PL, desenvolvido em 1947 por George B. Dantzig.

Nesse contexto, O LINGO é um software de modelagem que trabalha casos de otimização utilizando a programação linear, com o intuito de reduzir o tempo gasto na resolução de problemas em diversas áreas do conhecimento. De posse das informações (função objetivo, variável de decisão e restrição do modelo), basta o uso correto do software para obtenções dos resultados.

A empresa a ser analisada possui um mix de produtos consideravelmente pequeno, visando estabelecer alternativas de planejamento de produção, que considere as restrições existentes no processo produtivo e possibilitem a maximização de lucros, este trabalho busca a solução que dará maior segurança na tomada de decisão relacionada à produção, que maximize os rendimentos da empresa em questão.

1.1 Situação Problema

A empresa em estudo tem o objetivo de aumentar os seus rendimentos mensais. Diante desse questionamento: **O que deve ser feito para maximizar o lucro da empresa?**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a aplicabilidade da programação linear na otimização do processo de envasamento de gás em estudo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o processo de envasamento atual de gás LP.
- Criar modelo matemático que permita distribuir de forma ótima a produção.
- Avaliar os desvios entre a programação atual e a sugerida.

1.3 Justificativa

Os desafios da indústria moderna associados a uma economia global e do crescimento da tecnologia aumentaram significativamente a complexidade do ambiente de negócios. A tomada de decisão baseada na intuição da gestão é por vezes a saída para a maioria, porém o uso de determinadas ferramentas tem sido relevante para tomar melhores decisões, aumentar o desempenho e reduzir o risco.

Ao confiar em modelos matemáticos sofisticados e ferramentas avançadas, a Pesquisa Operacional pode avaliar dentro de todas as opções disponíveis de soluções viáveis, a solução ótima para o problema enfrentado pela empresa, possibilitando analisar possíveis riscos associados com determinadas decisões.

Essa pesquisa busca identificar quais as alternativas de produção, dentro das restrições da empresa, que possibilitem a maximização de seus lucros. Essa

análise agrega conhecimentos práticos e teóricos para a instituição de ensino bem como ganhos futuros para a empresa, por meio dos problemas solucionados.

1.4.Caracterização da Empresa

A Ultragas, do grupo Ultrapar, com origem na Empresa Brasileira de gás a Domicílio, foi a primeira do ramo de Gás Liquefeito de Petróleo no Brasil. Há mais de 70 anos distribui gás de cozinha para quase todo o País. Atualmente, atende 40 milhões de consumidores finais e aproximadamente 40 mil clientes empresariais, o que faz da companhia uma líder na venda de Gás LP no mercado nacional e com diversos prêmios no setor.

A empresa comercializa em média, sete milhões de botijões de gás por mês. Tem o alcance em cerca de 10,5 milhões de residências no segmento envasado e mais de 40 mil no granel. O faturamento é de R\$4 bilhões por ano e está entre as seis maiores empresas distribuidoras independentes de GLP do mundo.

Com uma enorme infraestrutura, a companhia possui 15 Bases de envase, uma delas é a de Aracaju, e 22 Bases de armazenamento e distribuição do gás de cozinha. Conta com cerca de 4 mil funcionários, espalhados por 43 lojas próprias, Matriz e Filiais, 4.200 Revendas e uma frota de 2.094 veículos próprios.

Em 2007, o mercado brasileiro deste gás cresceu 2,5% em relação a 2006, reflexo do melhor desempenho da economia e do aumento de renda da população brasileira. O volume vendido pela Ultragas seguiu a tendência do mercado, totalizando 1,6 milhões de toneladas de Gás LP vendidos, com destaque para o crescimento de 5% no segmento granel – *UltraSystem*. Hoje, a empresa é líder de mercado com participação em 23% de todas as vendas no Brasil. Trabalhando com princípios operacionais, valores e missão, visa ser padrão mundial em GLP.

Em Sergipe, atende pela razão social de Bahiana Distribuidora de Gás Ltda. Possui sua base há mais de vinte anos e é líder de mercado tanto na capital, quanto no interior do estado. Distribui em média, 12 mil botijões P13 (residenciais) por dia. Dentro deste total, há contrato operacional com a Liquegás e com a Minas (SHV), que envasam na base de 3 a 4 mil P13 diariamente.

2FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema Produtivo

As empresas podem ser vistas, estudadas e administradas como sistemas. “As Organizações são constituídas por uma complexa combinação de pessoas, procedimentos, tecnologia e outros recursos, interdependentes, que buscam alcançar objetivos comuns, de forma a minimizar o uso desses recursos e maximizar a produtividade”. (MYWISEOW, 2005, apud BARBARÁ, 2006, p. 145).

O processo de transformação aos quais os produtos sofrem para serem comercializados pelas empresas, sedia o princípio dos sistemas de produção, que Tubino (2009, p. 1) define como a transformação de entradas em saídas, por meio de um ou mais processos de conversão, essas saídas são as diversas utilidades para os clientes.

Segundo Moreira (2008, p. 7) o sistema produção é a reunião de ações e operações que se relacionam compreendendo a produção de bens manufaturados ou serviços e ainda complementa que os vários tipos de sistemas que existem se diferenciam a partir dos elementos como insumos, processo de criação ou conversão, produtos ou serviços e subsistema de controle.

Já para Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 8-9) “Todas as operações produzem produtos e serviços através da transformação de entradas em saídas, o que é chamado de processo de transformação.” O sistema de produção abrange um conjunto de entradas usado para transformar ou ser transformado em saídas de bens e serviços, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 – Processos: Input, Transformação, Output



Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Johnston (2009, p.9)

No processo de transformação, (*input*) os recursos transformados, são subdivididos em materiais (transformam as propriedades físicas ou modificam sua localização), informações (modificam as propriedades informativas) e consumidores (modificam as propriedades físicas, sendo estas no tratamento de pessoas). Os recursos de transformação se subdividem em instalações (edifícios e tecnologia do processamento da produção) e funcionários (pessoas que estão ao redor da produção), conforme Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 9).

Ainda considerando Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 11) no processo de transformação (**output**) são produzidos produtos e serviços, sendo a principal diferença entre eles a relação da tangibilidade. As operações podem produzir produtos e serviços “puros” e produtos e serviços facilitadores. Também Ritzman; Krajewski (2008, p. 5) relacionam os clientes e fornecedores que são subdivididos em internos (funcionários ou que fazem parte do desenvolvimento da organização) e externos (fornecedores de insumos).

Os processos fornecem resultados ou saídas (outputs) – muitas vezes os resultados são serviços, na forma de informações – aos clientes. Cada processo e pessoa de uma organização tem seus clientes. Alguns são clientes externos, que podem ser usuários finais ou intermediários (como fabricantes, instituições financeiras varejistas) e que compram os produtos ou serviço da empresa. O cliente da agência é um cliente externo. Outros são clientes internos, que podem ser funcionários ou processos que dependem dos insumos de outros para poder realizar seu trabalho (RITZMAN; KRAJEWSKI 2008, p. 5).

2.1.1 Tipos de sistemas produtivos

A atividade fim de uma empresa determina os tipos de sistemas produtivos, que por sua vez, possuem características inerentes às atividades que compõem o processo de transformação de seus produtos e sua complexidade de planejamento e controle.

Segundo Tubino (1997, p. 27) o sistema de produção se classifica a partir de três características: o grau de padronização dos produtos (produtos padronizados e sob medida), o tipo de operações (processos contínuos e processos discretos) e a natureza dos produtos (manufatura de bens e prestador de serviços).

Há ainda a classificação tradicional de Moreira (2008, p. 9) que agrupa os sistemas de produção em três grandes categorias “sistemas de produção contínua

ou de fluxo em linha; sistemas de produção em lotes ou por encomenda; sistemas de produção para grandes projetos sem repetição”. Ele conclui ainda que é de grande importância classificar e identificar o sistema estudado para determinar quais as ferramentas de planejamento e gestão da produção que deverão ser aplicados.

Ritzman; Krajewski (2008, p. 470) ressalta que o tipo de produto por si só não caracteriza ou classifica o tipo do sistema de produção, mas a forma como a demanda e o tempo que o cliente está disposto a esperar para obter o produto forçam a produção a se organizar à melhor maneira. Pode-se dizer que um sistema de produção deve estar voltado para a geração de bens ou serviços, ou para ambos, já que há uma tendência atual de empresas produzirem os dois produtos, conforme o Quadro 1.

Quadro 1– Características dos Sistemas de Produção

Características	Contínuo	Repetitivo em massa	Repetitivo em lotes	Projeto
Volume de produção	Alto	Alto	Médio	Baixo
Variedade de produtos	Pequena	Média	Grande	Pequena
Flexibilidade	Baixa	Média	Alta	Alta
Qualificação da MOD	Baixa	Média	Alta	Alta
Layout	Por produto	Por produto	Por processo	Por processo
Capacidade ociosa	Baixa	Baixa	Média	Alta
Lead times	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Fluxo de informações	Baixo	Médio	Alto	Alto
Produtos	Contínuos	Em lotes	Em lotes	Unitário

Fonte: Adaptado de Tubino (1997. p, 29)

2.1.2 Sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha

É possível reconhecer esse tipo de organização da produção por algumas características comuns a alguns mercados, neste caso, há predominância dos chamados bens de base como energia elétrica, produtos químicos, petróleo e derivados, ou a exemplos alguns serviços como de aquecimento e ar condicionado.

Ao adotar esse tipo de produção, é importante conhecer os riscos inerentes, como por exemplo, a organização do trabalho, que pode levar os empregados a monotonia, a vasto avanço da tecnologia que podendo ocasionar mudanças drásticas no processo e o risco do produto se tornar obsoleto no mercado.

De acordo com Moreira (2008, p. 10), nos sistemas de produção contínua (fluxo em linha) o fluxo na produção segue uma ordem linear com velocidade de fluxo balanceada, com altos padrões do produto e baixa flexibilidade. Esse sistema é dividido em produção em massa, onde há uma montagem em larga escala e baixo grau de diferenciação, e em produção contínua tendo um alto nível de padronização devido à grande automatização dos ciclos.

De forma similar Tubino (1997, p. 28) diz que nos processos contínuos há um elevado grau de uniformidade, onde os produtos e os processos não possuem dependência beneficiando assim a automação, há também uma grande inflexibilidade no processo devido a um alto volume de produção, onde a mão de obra é empregada basicamente para a manutenção das instalações.

Redige Tubino (2009, p. 6-7) “É chamado de contínuo porque não consegue facilmente identificar e separar dentro da produção uma unidade do produto das demais que estão sendo feitas.” De forma Complementar Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 97) afirma que o processo é executado por períodos de tempos mais longos, ou seja, sua produção opera de forma ininterrupta, com baixo lead time (tempo gasto para transformar matérias-primas em produtos acabados) e alto tempo de setup.

2.1.3 Sistemas de produção por lotes

De acordo com Ritzman; Krajewski (2008, p. 290) um lote “é uma quantidade de itens processados juntos”. A caracterização desse tipo de sistema produtivo é dada por certa flexibilidade na carteira de produtos, onde é possível produzir mais produtos com volume de produção médio, layout favorecido para grupos de trabalho geralmente chamados de departamento, menor investimento em automação, o que gera a necessidade de uma maior quantidade de recursos humanos, e abastecimento do estoque para garantir a sequência das atividades em cada núcleo e transformação.

Moreira (2008, p. 10) diz que nesse sistema a fabricação de produtos se dá por lotes, em que a produção de um lote de produto é feita após o término do outro, sendo que a mão de obra e os equipamentos são dispostos em centros de trabalhos, por tipo de habilidades, operação ou equipamento. Dessa maneira, os

equipamentos e os funcionários agrupados, serão determinados como um arranjo físico funcional ou por processos, como é o caso da empresa em estudo. Outra característica importante é a flexibilidade como citado abaixo:

A flexibilidade conseguida com o uso de equipamentos genéricos leva a outros problemas, principalmente com o controle de estoques, com a programação da produção e com a qualidade; se a fábrica ou o centro de trabalho estiverem operando próximo à capacidade limite, haverá muito estoque de material em processamento, o que fatalmente aumentará o tempo das rodadas de produção, pois vários trabalhos irão requerer as mesmas máquinas ou a mesma mão de obra ao mesmo tempo (MOREIRA 2008, p. 11).

Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 94-95) dizem que:

“[...] cada vez que um processo em lotes produz um produto, é produzido mais do que uma unidade. Dessa forma cada parte da operação tem períodos em que se está repetindo, pelo menos enquanto o “lote” ou a “batelada” está sendo processado.”

Outra forma de caracterizar esse sistema segundo Moreira (2008, p.10) é a chamada de produção intermitente por encomenda, ou seja, quando o cliente especifica o produto desejado, e Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 95) caracteriza como processo em massa, onde os bens são produzidos em grande escala, porém o mix é relativamente pequeno.

Para Ritzman; Krajewski (2008, p. 109) esse tipo de sistema é o mais encontrado nas empresas, onde são usadas as expressões como lote pequeno e lote grande para diferenciar o tipo de processo que será utilizado, tendo uma boa flexibilidade no processo, porém o fluxo não é seguido em ordem padronizada.

2.1.4 Sistemas de produção para grandes projetos

Segundo Moreira (2008, p. 11) esse sistema se distingue dos outros por ser um produto exclusivo, de alto custo, de difícil gerenciamento no controle e planejamento e por não existir um fluxo definido e, para Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 93) que emprega a nomenclatura processo de projeto, como o produto é padronizado e único há um longo intervalo entre um projeto e outro, tendo fixas as datas de início e término.

Expõe Tubino (1997, p. 27), que os produtos ou serviços são elaborados para um determinado cliente, os lotes são unitários e é esperado que os clientes designam os bens ou serviços. Esse sistema pode gerar uma capacidade ociosa na

produção, dificuldade em elaborar os métodos de trabalhos, dificuldade em conseguir os insumos de produção, pois cada projeto é único. Essas características explicam o porquê dos preços cobrados.

Nesse contexto cabe ainda outra abordagem, o sistema de produção sob encomenda, que pode ser enquadrado tanto no modelo de lotes ou de projetos, dessa maneira o relacionamento com o cliente é marcante nos dois tipos, pois em ambos as especificações do cliente limitam a produção do bem ou serviço. Aqui os custos são geralmente mais altos e exige grande eficiência da mão de obra especializada.

Em todos os casos são apresentados problemas nos planejamentos de produção que inseridos num contexto de rápidas mudanças dos ambientes empresariais, buscam alternativas de maximização de lucros, tornando necessário o uso de modelagens e métodos aplicados à tomada de decisões e à resolução de problemas.

2.2 Pesquisa Operacional

Segundo Hillier; Lieberman (2006, p. 1) a pesquisa operacional tem seu início atribuído aos serviços militares na Segunda Guerra Mundial, resultado de estudos realizados por equipes interdisciplinares de cientistas contratados para resolver problemas militares de ordem estratégica e tática.

A natureza da Pesquisa Operacional (PO) como seu próprio nome sugere, relaciona-se à pesquisa em operações, ou seja, como coordenar as atividades dentro de uma organização. O trecho “pesquisa” significa que a PO utiliza uma abordagem que se assemelha ao modo pelo qual a pesquisa de campo é conduzida, redige Hillier; Lieberman (2006, p. 3)

Um estudo de 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, com o objetivo de levar o sistema a apresentar o desempenho desejado. Esse sistema pode existir de fato ou ainda estar em concepção. (ANDRADE, 2009, p.9)

De acordo Hillier; Lieberman (2006, p. 3) ao final da guerra, o sucesso da Pesquisa Operacional introduziu sua aplicação em outros campos, como nas indústrias que cresciam a todo vapor e enfrentavam problemas causados pelo

aumento da complexidade e da especialização. O seu uso foi estendido para dentro das organizações dos setores comercial, industrial e governamental com vistas a propor soluções para questões de ordem administrativa.

O mesmo autor cita que é possível destacar ao menos dois outros fatores importantes nessa expansão. O primeiro foi o progresso feito na melhoria das técnicas de PO. A motivação dos cientistas pelo tema levou a relevantes avanços no estado-da-arte. Um exemplo é o método simplex para resolução de problemas de programação linear, desenvolvido por George Dantzig em 1947. O segundo fator foi a investida da revolução computacional, que é requisito para lidar mais efetivamente com os problemas de PO.

Andrade (2009, p. 2) diz que a Pesquisa operacional é um ramo da ciência administrativa que fornece instrumentos para a análise de decisões, no esforço de determinar a melhor utilização de recursos limitados e para a programação otimizada das operações de uma empresa, ou seja, vista sob dois enfoques, clássico: busca da solução ótima e enfoque atual: uso do modelo para identificação do problema.

Outra característica importante da Pesquisa Operacional que facilita muito o processo de tomada de decisão é a utilização de modelos. Essa abordagem permite a “experimentação”, ou seja, a possibilidade de uma tomada de decisão ser mais bem avaliada e testada antes de efetivamente ser implementada. Por si só a economia dos recursos e a experiência adquirida com a experimentação justificam o conhecimento e a utilização da Pesquisa operacional como instrumento de gerência. (ANDRADE, 2009, p.1)

De acordo com Hillier; Lieberman (2006, p.8), um modelo geral da abordagem da PO pode ser considerado a partir de um resumo de cinco fases, a primeira é definir o problema de interesse e reunir as informações relevantes; formular um modelo matemático para representar o problema; em seguida desenvolver um procedimento informatizado para obter as soluções para o problema do modelo; depois testar o modelo e aperfeiçoar como necessário; preparar para a aplicação em curso do modelo como prescrito pela administração; e executar.

2.3 Programação Linear

Programação linear, PL ou LP, como geralmente é chamada, é uma das técnicas de programação matemática que nada mais é do que um

“aprimoramento de uma técnica de resolução de sistemas lineares, via inversões sucessivas de matrizes, com a vantagem de inserção uma equação linear adicional representativa de um dado comportamento que deva ser otimizado” (CAIXETAFILHO, 2001, p. 11)

Sua propagação deve-se principalmente à equipe de cientistas liderada pelo norte-americano George B. Dantzig, convocada pelos Aliados da Segunda Grande Guerra no início da década de 40, para oferecer subsídios técnicos para tomada de decisão que envolvesse a distribuição ótima de tropas entre as diferentes frentes de batalha. Ao resultado desse esforço, concluído em 1947, deu-se o nome de Método Simplex. (CAIXETAFILHO 2001, p. 10)

Colin (2007, p. 5) diz que essa técnica de otimização de PL, o Simplex, teve sua primeira aplicação não – militar em 1952, com a mistura ótima de produtos na produção de gasolina. Sendo o primeiro código computacional comercial criado em 1952 na Rand Corporation por Willian Orchard e a primeira publicação brasileira se deu em 1956 devido a Leme.

É possível dizer de maneira geral que a programação linear trata do problema de alocação ótima de recursos limitados para a realização de atividades, entendendo-se por ótimo a solução que dada, não existe outra melhor do que ela. Colin (2007, p. 5).

A Programação linear é um modelo matemático desenvolvido para resolver determinados tipos de problemas onde as relações entre as variáveis relevantes possam ser expressas por equações e inequações lineares. MOREIRA (2008, p. 35).

Para Colin (2007, p. 5) modelo significa uma representação simplificada do comportamento da realidade expressa na forma de equações que serve para simular a realidade, sendo que a qualidade desse modelo é determinada mais pela sua capacidade de propor respostas do que sua adesão à realidade.

Moreira (2008, p. 35) cita algumas características do uso da Programação Linear, quando se quer maximizar ou minimizar o resultado de alguma combinação de variáveis, como por exemplo, o lucro ou venda de dois ou mais produtos ou o custo envolvido em sua fabricação; ou quando existe uma certa necessidade de recursos, inerente à própria estrutura do problema; ou ainda quando os recursos são limitados, no sentido em que suas quantidades são restritas a certos valores.

De acordo com SILVA (2013, p.7 apud Coutinho; Silva 2013, p. 28), as principais vantagens da aplicação de modelos na Pesquisa Operacional vão desde a utilização de gráficos para representar a realidade aprendida em determinado momento; e a ajuda

na identificação das várias relações possíveis entre os elementos dessa realidade; dentre as principais vantagens do uso de modelos de PO também estão a simplicidade de visualização da amplitude das variáveis sem alteração de sua essência; a possibilidade de compreender relações complexas; e sua utilidade para estabelecer e aprimorar parâmetros.

Ainda de acordo com o mesmo autor as desvantagem vão desde as limitações na identificação de todas as variáveis relevantes envolvidas em determinada situação; alguns problemas na definição das propriedades a serem identificadas e quantificadas na especificação de procedimentos para tal; e dificuldades no entendimento entre os provedores e os usuários da informação.

Colin (2007, p. 26) traz a forma padrão de problemas de programação Linear:

Figura 2 – Forma padrão de PL

$$\begin{array}{l} \text{Minimizar : } f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\ \text{Sujeito a: } \left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{array} \right\} \text{ e } x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots; x_n \geq 0 \end{array}$$

Fonte: Collin (2007, p.26)

2.4. Tipos de Programação Linear

2.4.1. Resolução gráfica

De acordo com Andrade (2009, p. 32) “a principal vantagem desse método de Programação linear é de facilitar a visualização das principais características do processo de decisão”. Segundo Lachtermacher (2007, p.20) quando o problema envolve apenas duas variáveis de decisão, a solução ótima de um problema de programação linear pode ser encontrada graficamente, sua utilidade é demonstrar no plano cartesiano os passos para atingir os pontos ótimos de um dado problema sendo possível analisar o impacto das restrições na solução e o conjunto de respostas viáveis.

Para se chegar a esse tipo de solução Lachtermacher (2007, p.20) cita alguns passos a seguir:

- Primeiro Passo: estabelecer dois eixos que irão representar as quantidades de x_1, x_2 ;
- Segundo passo: encontrar o conjunto de soluções viáveis do problema, ou seja, determinar qual a subárea do espaço x_1, x_2 seria aceita por cada restrição.

Com objetivo de facilitar a comunicação, alguns termos foram padronizados, dessa forma CaixetaFilho (2001, p. 24) explica que a região delimitada pelas restrições é chamada de região viável, sendo que a solução do problema deverá estar sobre um dos vértices dessa região, onde serão encontradas as soluções viáveis, ou seja, soluções que em que todas as restrições são satisfeitas.

Partindo desse princípio temos que uma solução ótima é a chamada solução viável que tem o valor mais favorável da função Objetivo, isto é que maximiza ou minimiza a função objetivo, podendo ou não ser única, como complementa Lachtermacher (2007, p.20).

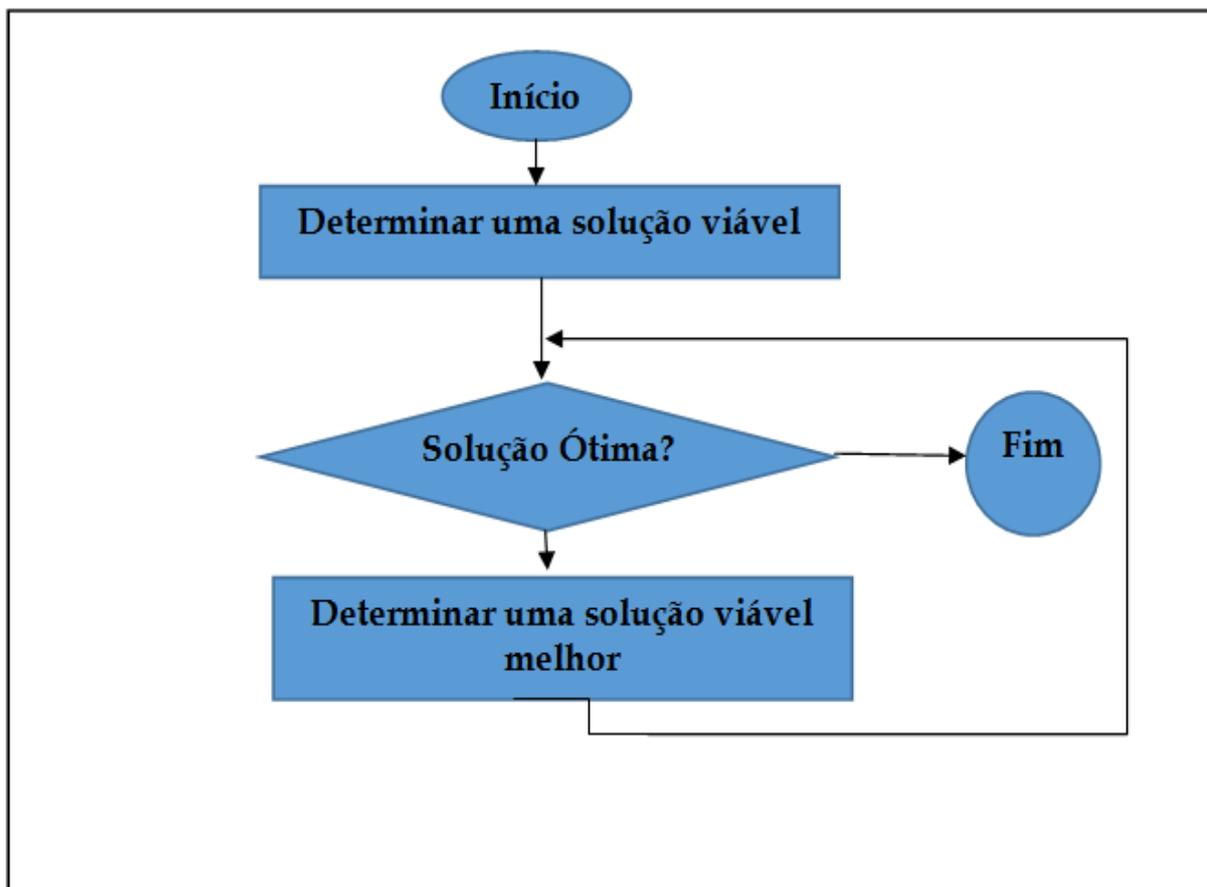
Andrade (2009, p. 34) resume que a resolução de um problema de programação linear consiste basicamente em resolver sistemas de equações lineares e calcular o valor da função objetivo. Onde comparando diversos valores obtidos para a função escolhe-se para a solução do problema o resultado do sistema que forneceu o maior valor.

2.4.2. Simplex

Criado em 1947 por George Dantzig provou ser um método extremamente eficiente normalmente utilizado para solucionar problemas imensos nos computadores. Hillier; Lieberman(2006, p. 101), ainda complementa que com exceção dos casos de problemas muito pequenos o Simplex é sempre executado em um computador e pacotes de softwares sofisticados.

Lachtermacher (2007, p.26) diz que o método simplex pode ser dado analiticamente ou forma tabular, quando é preciso resolver um problema de programação linear à mão, devendo ser usado quando se ultrapassa o limite de duas variáveis em um problema, o autor se utiliza de um procedimento descrito na Figura 3.

Figura 3 - Fluxo de resolução analítica



Fonte: Lachtermacher (2007, p.26)

Andrade (2009, p. 34) sugere uma sistemática de questionamentos aos quais devemos responder para identificar a escolha do método adequado.

- 1) Qual sistema de equações deve ser resolvido?
- 2) O próximo sistema a ser resolvido fornecerá uma solução ótima, uma vez que a tenhamos encontrado?
- 3) Como identificar uma solução ótima, uma vez que a tenhamos encontrado?

A partir da escolha do método, é possível relacionar algumas características próprias de cada um, a grosso modo Colin (2007, p. 26) define que o algoritmo do método Simplex contém três partes:

- 1) Inicialização: o algoritmo prepara os dados de entrada;
- 2) Iteração: O algoritmo repete diversas vezes o procedimento e faz com que a otimização do modelo seja alcançada;

3) Regra de parada: o algoritmo avalia se a solução ótima foi obtida ou se é impossível obtê-la.

Moreira (2008, p. 52) redige que o Método Simplex envolve uma série de soluções em forma tabular, onde é chamada de tableau.

O Primeiro tableau corresponde à origem (função objetivo igual a zero). A solução dada pelo primeiro tableau é então melhorada, passando-se para outro ponto externo da região permissível. Em seguida se houver outro ponto extremo onde a solução seja ainda melhor o Simplex se moverá até ele e assim por diante, até que a solução ótima seja encontrada. (MOREIRA, 2008, p. 52).

2.4.3 Modelagem no solver

Segundo Colin (2007, p. 44) existem diversos tipos de sistemas para resolver os problemas mais complexos de PL. O Solver é uma ferramenta de grande flexibilidade, ou seja, utilizado como suplemento em planilha eletrônica, que usualmente é aplicado a problemas estratégicos nas áreas de finanças, contabilidade e controle de qualidade.

O Solver calcula problemas de programação linear a partir de uma planilha do Excel por meio de um modelo de otimização que deve ser organizado na planilha de forma a designar uma célula para cada entidade, sejam elas: Função Objetivo (Expressão a ser maximizada ou minimizada); Variáveis de Decisão, variáveis cujo valor o modelador poderá alterar; para cada restrição, uma para o lado esquerdo da restrição, uma para o lado direito da restrição. Lachtermacher (2007, p.26).

As figuras 4a, 4b e 4c mostram como calcular problemas de programação linear utilizando o solver.

Figura 4a – Cálculo no Solver

Resolução pelo Método Simplex

Função Objetivo

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	Lucro Total
Lucros	150	100														250

Restrições

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	Disponib.	
	3	1	2													≤	120
	1	1	0													≤	30
	1	0	1													≤	40
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	

Fórmula do lucro total (somatório dos coeficientes do lucro multiplicado pelo valor das variáveis)

Fórmula das restrições (somatório dos coeficientes multiplicados pelo valor das variáveis)

Restrições

Fonte: Souza (2012, p.105)

Figura 4b – Cálculo no Solver

Resolução pelo Método Simplex

Função Objetivo

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	Lucro Total
Lucros	150	100														250

Restrições

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	Disponib.	
	3	1	2													≤	120
	1	1	0													≤	30
	1	0	1													≤	40
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	
	0															≤	

Parâmetros do Solver

Definir célula de destino: **Resolver**

Igual a: Máx Min Valor de: **Fechar**

Células variáveis: **Estimar**

Submeter às restrições: **Adicionar**
 Aterar
Excluir

Opções

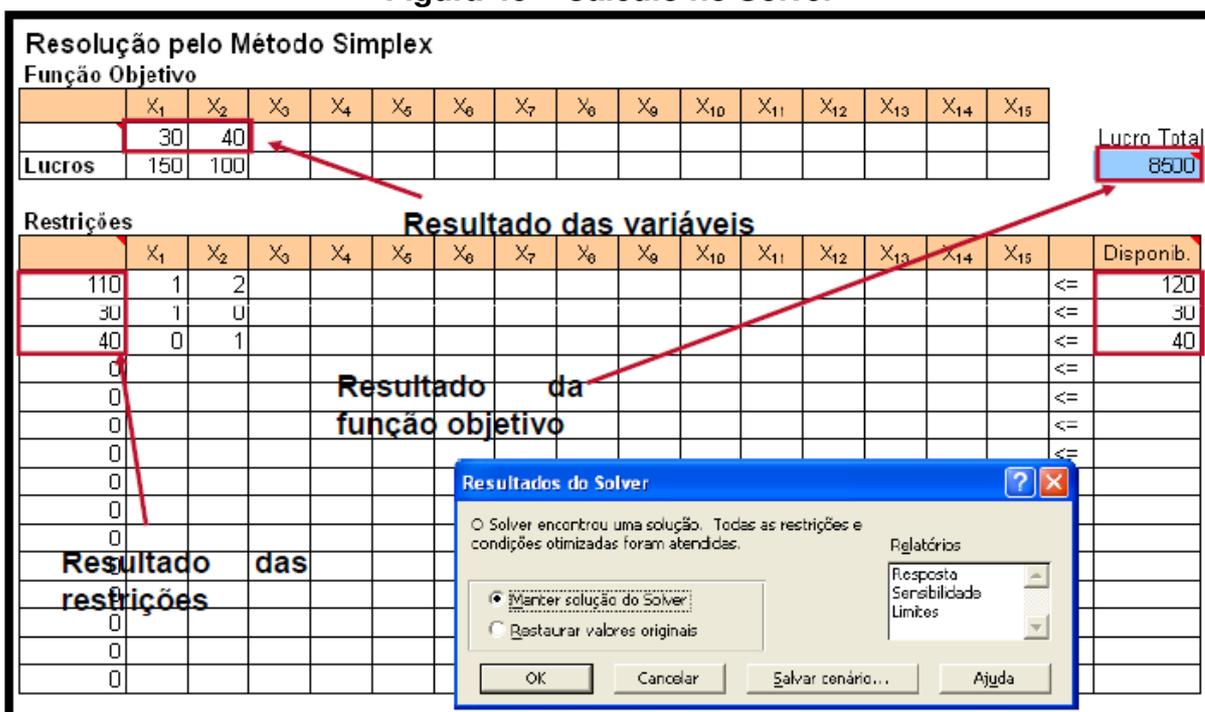
Redefinir tudo

Ajuda

Variáveis positivas

Fonte: Souza (2012, p.105)

Figura 4c – Cálculo no Solver



Fonte: Souza (2012, p.105)

2.4.4 Modelagem no Lingo

Para Gomes Junior; Souza (2004, p. 99 apud Almeida; Martins; Silva 2013, p. 7). O LINGO é um software que trabalha casos de otimizaçãoutilizando a programação linear, ou não-linear.Para que ele funcione é preciso entrar com o modelo matemático e inserir as informações necessárias (função objetivo, variável de decisão e restrição do modelo). Feito isso, é só executar a ferramenta ‘solve’ e o software abrirá uma janela com os resultados da modelagem.

Lourenço et. al. (2013, p. 73) complementa ainda que:

O pacote de software LINGO é uma linguagem para modelagem de problemas de otimização criada pela LINDO Systems que permite ao usuário criar centenas de restrições e/ou variáveis em poucas linhas. O LINGO é capaz de construir e resolver modelos de otimização lineares, não-lineares e quadráticos, mantendo uma interface simples, tornando a implementação mais fácil para o usuário.

Segundo Winston (2004,apud Lourenço et. al.2014, p. 73). “O programa ainda possui uma vasta biblioteca de funções matemáticas, probabilísticas e estatísticas, além de possibilitar a importação de dados externos, de planilhas e arquivos de texto”.

Lanchtermacher (2009, p. 200) diz que o Lingo (linear, interactive, general optimizer) é um software que interage na solução de problemas de programação não linear, linear, inteira e quadrática. O lingo possui maior agilidade e confiabilidade na resolução de problemas devido a seu algoritmo aplicado ser superior ao do excel.

2.4.4.1 cálculo no Lingo

De acordo com Lanchtermacher (2009, p. 200) a modelagem no programa Lingo é calculado inserido a função objetivo e as suas respectivas restrições na tela inicial do programa, essa tela é semelhante ao programa bloco de notas do Windows, necessitando apenas clicar com o mouse e digitar o texto. Nesse software não é necessário inserir a condição de não negatividade, pois, ele interpreta todas as variáveis do modelo como não negativas.

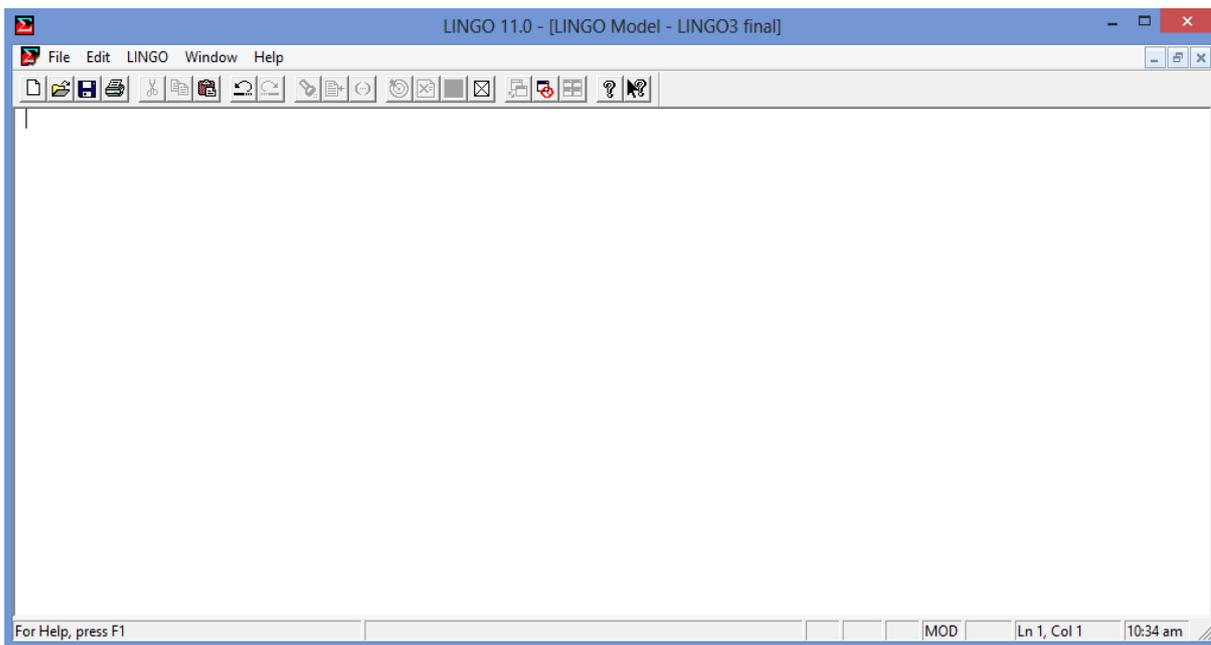
As funções utilizadas para modelar um problema são:

- Max – maximiza a solução do problema
- Min – minimiza a solução do problema
- End – finaliza a entrada do problema

Os símbolos utilizados na restrição e na função objetivo são:

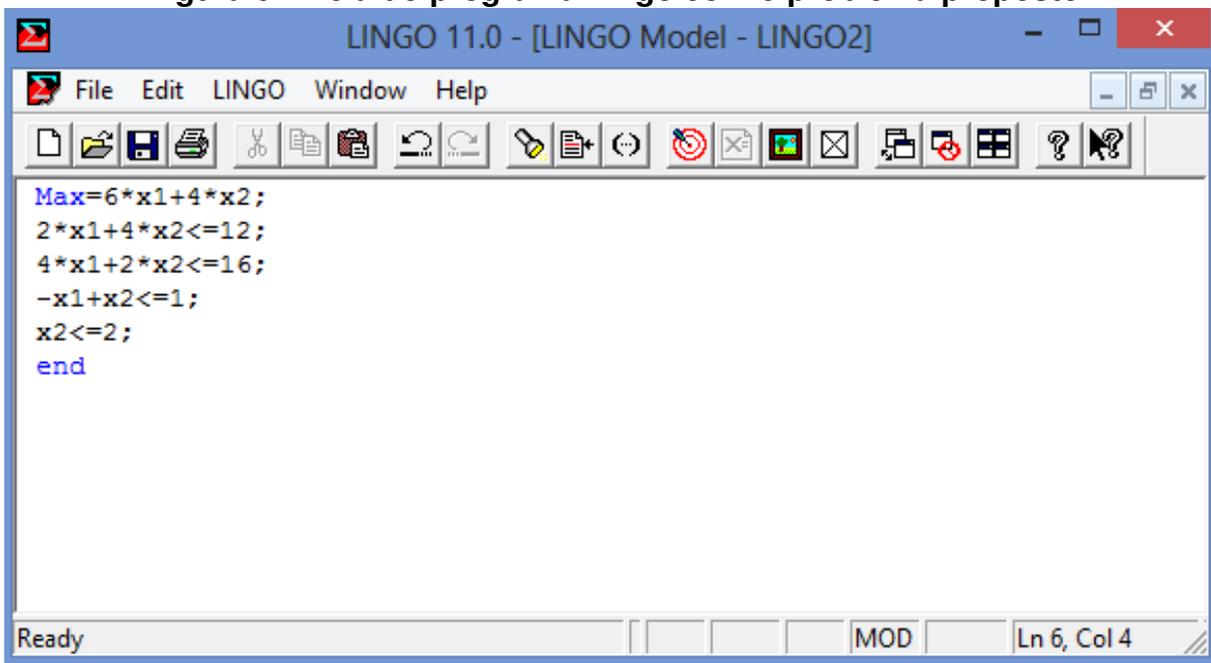
- < - menor que
- > - maior que
- \leq - menor ou igual
- \geq - maior ou igual
- + - soma
- - - subtração
- * - multiplicação
- / - divisão
- ^ - exponenciação
- () – serve para alterar a ordem

Iremos resolver um problema aleatório para demonstrar a utilização do programa. A Figura 5 apresenta a tela inicial do programa.

Figura 5 – Tela inicial do programa Lingo

Fonte: Próprio autor

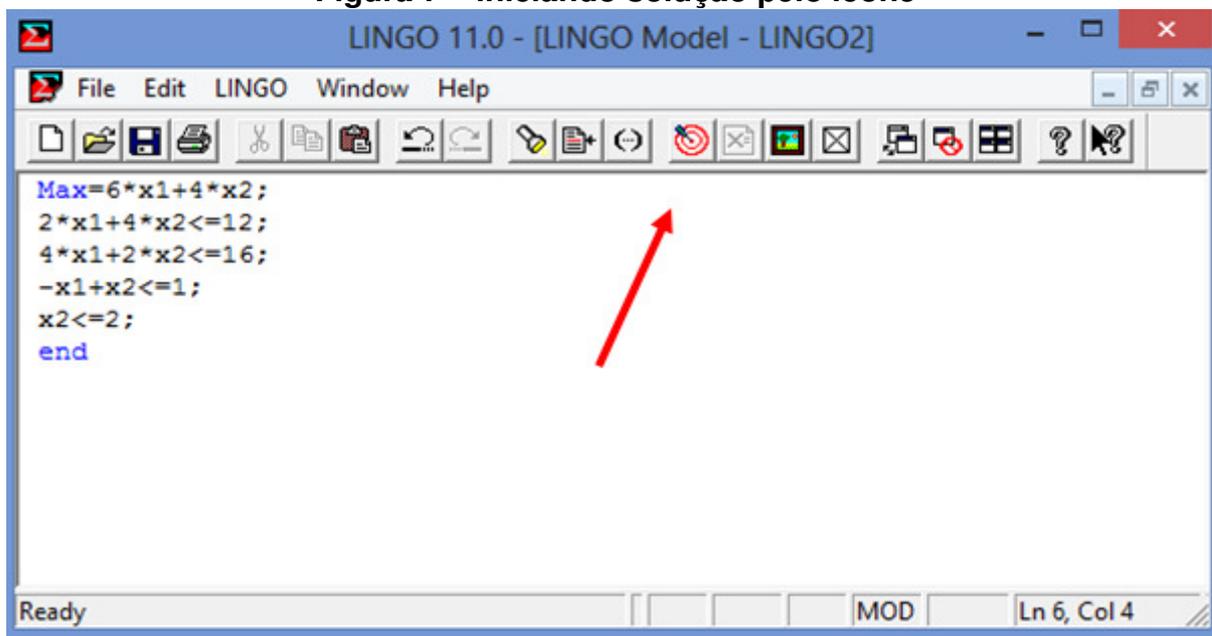
A Figura 6 mostra o problema proposto inserido na tela inicial, utilizando os comandos e os símbolos conforme explicado acima.

Figura 6 – Tela do programa Lingo com o problema proposto

Fonte: Próprio autor

Após inserir a função objetivo e as restrições para a obtenção do valor máximo da função objetivo e da solução ótima, clica se com o mouse no ícone conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 – iniciando solução pelo ícone



Fonte: Próprio autor

Em seguida aparecerá uma janela da análise de sensibilidade, onde irá mostrar as variáveis, os valores das variáveis e a solução ótima como mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Janela da análise de sensibilidade

The screenshot shows the LINGO 11.0 window titled 'LINGO 11.0 - [Solution Report - LINGO2]'. The text area displays the following information:

Global optimal solution found.
Objective value: 25.33333
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 2

Below this, there are two tables. The first table shows the variable values:

Variável	Variable	Value	Reduced Cost
X1	X1	3.333333	0.000000
X2	X2	1.333333	0.000000

The second table shows the slack or surplus for each constraint:

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	25.33333	1.000000
2	0.000000	0.333333
3	0.000000	1.333333
4	3.000000	0.000000
5	0.666667	0.000000

The status bar at the bottom shows 'For Help, press F1' and 'Ln 1, Col 1'.

Fonte: Próprio autor

2.5 Fluxograma

Para Peinado; Graeml (2007, p.539), o fluxograma são formas de representação da sequência dos passos, através de símbolos gráficos e utilizado pelos gestores para uma análise dos processos produtivos em busca de oportunidades de melhorias.

Para Berbmann; Scheunemann; Polacinski (2012, p. 3), os principais aspectos de um fluxograma são: padronização e representação de métodos, rapidez na definição dos métodos administrativos, facilidade de leitura e entendimento, facilidade na localização dos principais aspectos do processo e melhor condição de análise.

Em relação à simbologia do fluxograma:

Os símbolos utilizados nos fluxogramas tem por objetivo evidenciar origem, processo e destino, através da informação escrita e/ou verbal, de componentes de um sistema administrativo. (OLIVEIRA, 2002, p. 87)

A simbologia acima citada pode ser visualizada na Figura 9.

Figura 9 – Simbologia do Fluxograma

Símbolo	Processo	Descrição
	Início/Final	Identifica pontos de início ou de conclusão de um processo.
	Operação	Ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas, ou também quando se monta ou desmontam componentes e partes.
	Transporte	Ocorre quando um objeto ou matéria prima é transferido de um lugar para o outro, de uma seção para outra, de um prédio para outro.
	Espera	Ocorre quando um objeto ou matéria prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento ou encaminhamento
	Inspeção	Ocorre quando um objeto ou matéria-prima é examinado para sua identificação, quantidade ou condição de qualidade.
	Armazenagem	Ocorre quando um objeto ou matéria-prima é mantido em área protegida específica na forma de estoque.

Fonte: Peinado; Graeml (2007, p.539)

3 METODOLOGIA

As ciências caracterizadas pelos chamados métodos científicos, por sua vez, são “conjuntos de atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista” (MARCONI e LAKATOS, 2002, p 83).

Na ciência o método cumpre três papéis: o didático, o econômico e o pedagógico. Na função didática, encaminha o pesquisador na trilha em busca do seu propósito; é a função etimológica de “atalho”. O método tem uma função econômica, pois, procedimentos estruturados e ordenados evitam a dispersão do pensamento e a perda de energia, sendo, portanto, um redutor de custos. O aspecto pedagógico aparece quando mostra os erros, salienta as falhas, corrige os desvios e recompensa o esforço (VIEGAS 1999, p. 124).

3.1. Abordagem Metodológica

Para Viegas (1999, p. 124), o estudo dos métodos concentra-se em dois aspectos correspondentes às duas definições do termo: uma teórica e uma prática. Do ponto de vista teórico, o método é orientação para a pesquisa; descrevem-se os métodos clássicos, dedução e indução, aos quais se adiciona a contribuição de Popper, ou seja, o método hipotético-dedutivo. Do lado prático, o método identifica-se com as técnicas de levantamento, a teoria da amostragem e as práticas de tratamento e análise de dados.

A metodologia delimita os chamados trabalhos científicos que “compreende vários tipos de textos elaborados estruturas e normas preestabelecidas.”Na concepção de Medeiros (2010, p.207) em se tratando de estudos particulares, realizados em um determinado local, ou seja, que trate casos isolados, realiza uma análise de fatos ou fenômenos, ou problema unitário. Chama-se estudo de caso, seja o trabalho final de uma monografia ou um relatório de pesquisa, já para Batista (2013, p. 43) “é o método de abordagem de um problema em estudo que caracteriza o aspecto científico de uma pesquisa [...]”

3.2.Caracterização da Pesquisa

Pesquisa científica é a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência. De um modo geral, como expõe Medeiros (2010, p.33) reúne as etapas de uma pesquisa em: a escolha de um assunto, “a coleta de informações, o fichamento, a formulação de problemas a elaboração e execução do plano”. Podendo ser caracterizada quanto aos meios ou objeto; quanto à abordagem dos dados coletados.

3.2.1.Quanto aos objetivos ou fins

É usual classificar as pesquisas com base em seus objetivos gerais. Desta forma, é possível classificar as pesquisas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas. A investigação exploratória é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado.

Conforme Gil (2010, p.27)as pesquisas descritivas têm como objetivo principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, o estabelecimento de relações entre variáveis. Serão inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título, e uma de suas características mais significativas estão na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como: o questionário e a observação sistemática. A pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno. Pode também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza.

Gil (2010, p.28) ainda relata que a investigação explicativa tem como principal objetivo tornar algo inteligível,justifica-lhes os motivos. Visa, portanto, esclarecer quais fatores contribuem, de alguma forma, para a ocorrência de determinado fenômeno. Por exemplo: as raízes do sucesso de determinado empreendimento. Pressupõe pesquisa descritiva como base para suas explicações.

As pesquisas explicativas nas ciências naturais valem-se quase exclusivamente do método experimental. Nas ciências sociais, a aplicação deste método reveste-se de muitas dificuldades, razão pela qual se recorre também a outros métodos, sobretudo ao observacional. Nem sempre se torna possível a realização de

pesquisas rigidamente explicativas em ciências sociais, mas em algumas áreas, as pesquisas revestem-se de elevado grau de controle, chegando mesmo a ser chamada “quaseexperimental”(GIL,2010, p.28).

Classifica-se em explicativo descritivo, o trabalho em questão, por se tratar de um estudo de caso, realizado para analisar a melhor alternativa de planejamento de produção que possibilitem a maximização de lucros da empresa com o auxílio dos recursos da Pesquisa Operacional.

3.2.2.Quanto aos objetos ou meios

Conforme Batista (2013, p. 46) “quanto ao modelo conceitual a pesquisa pode ser classificada como: bibliográfica, documental, de campo, experimental ou laboratorial”.

Pesquisa de campo é investigação empírica realizada no local onde ocorre ou ocorreu um fenômeno, ou que dispõe de elementos para explicá-lo. Pode incluir entrevistas, aplicação de questionários, testes e observação participante ou não. A pesquisa pode ser concebida a partir de observações diretas e indiretas traduz Marques et al. (2006, p. 50).

No estudo de campo, o pesquisador realiza a maior parte do trabalho pessoalmente, pois é enfatizada importância de o pesquisador ter tido ele mesmo uma experiência direta com a situação de estudo. [...] Também se exige do pesquisador que permaneça o maior tempo possível na comunidade, pois somente com essa imersão na realidade é que se podem entender as regras, os costumes e as convenções que regem o grupo estudado (GIL, 2010, p.31).

Pesquisa experimental segundo explicações de Ruiz (1986, p.50) é investigação “baseada no empirismo, onde o pesquisador manipula e controla variáveis, e observa as variações que tal manipulação e controle produzem.” Variável, ainda conforme esse mesmo autor, é um “valor que pode ser dado por quantidade, qualidade, característica, variando em cada caso individual.”

As pesquisas experimentais constituem o delineamento mais prestigiado nos meios científicos. Consistem essencialmente em determinar o objeto de estudo selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. (GIL, 2010, p.31).

Para Ruiz (1986, p.50) a pesquisa bibliográfica serve de base para apoiar as “técnicas que serão utilizadas na coleta de dados, que deverá ter uma fonte significativa, ou seja, representativa o suficiente para apoiar análises e conclusões”.

É o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. Fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma. (MORESI, 2003).

Na concepção de Marques et al. (2006, p. 55) a investigação documental se apresenta como sendo o “tipo de pesquisa cujos procedimentos, via de regra são próximos e complementares à revisão bibliográfica e a realizada”. Compreende os exames e análises de documentos como atas, ofícios, memorandos, projetos.

O trabalho em análise foi caracterizado como uma pesquisa de campo, onde todos os dados foram coletados e analisados dentro da empresa, e pesquisa documental por terem sido utilizados relatórios e planilhas para coleta de dados e também utilizou a pesquisa experimental, pois foram manipuladas e controladas as variáveis da função objetivo.

3.2.3. Quanto ao Tratamento dos Dados

O procedimento metodológico se dá pela escolha criteriosa e sistemática da maneira de se fazer a descrição a explicação e a análise dos fatos e fenômenos, esse procedimento se dá por meio da abordagem ou tratamento de dados, onde discrimina que uma pesquisa pode ser qualitativa, quantitativa ou mista.

A questão das opções pelo uso de modelos quantitativos de coleta e análise de dados ou pelos chamados modelos qualitativos, ou seja, aquelas metodologias que não se apoiam em medidas operacionais cuja intensidade é traduzida em números (GATTI 2012, p. 18)

Pesquisa quantitativa: utiliza-se de parâmetros estatísticos, para analisar os dados. Tudo é transformado em números.

É quantitativa pelo uso da quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, objetivando resultados que sejam exatos e precisos a fim de evitar possíveis distorções de análise e interpretação, assegurando a compreensão correta das informações do problema. (DIEHL, 2004 apud DALFOVO 2008, p. 6).

Pesquisa qualitativa: a pesquisa qualitativa usa a subjetividade que não pode ser traduzida em números. É mais descritiva. A pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como sendo uma tentativa de se explicar em profundidade o

significado e as características do resultado das informações obtidas através de entrevistas ou questões abertas, sem mensuração quantitativa de características ou comportamentos (GODOY, 1995, p.29).

Este trabalho foi construído com auxílio de uma pesquisa quantitativa, uma vez que se utilizou de modelos matemáticos exatos para quantificar o volume de produtos ideal para a maximização dos rendimentos da empresa.

3.3.Instrumentos de Pesquisa

Para que um estudo ofereça boas perspectivas científicas, certas exigências precisam ser levadas em consideração. Segundo Batista (2013, p. 124) existem vários meios ou instrumentos de coletas de dados que pode ser apresentado como entrevistas, questionários, observação pessoal, formulários, entre outros.

Neste trabalho acadêmico foram utilizados, registros da produção, planilhas de controle de lucros e resultado e o software de modelagem de Programação Linear Lingo.

3.4.Unidade, Universo, Amostra

A unidade de pesquisa, ou seja, o local onde a investigação do estudo de caso, conforme Batista (2013, p. 124), foi dadaa empresa Ultragaz localizada na Avenida Chanceler Osvaldo Aranha, 2966, Bairro Olaria. E a amostra é Base de produção de gás LP Aracaju.

O universo da unidade pesquisada é composto por todos os elementos envolvidos na operação da produção.

3.5.Variáveis e Indicadores da Pesquisa

Gil (2010, p.107) redige que variável pode ser compreendida por um valor ou uma propriedade (característica, por exemplo), medida através de diferentes mecanismos operacionais que permitem verificar a relação/conexão entre estas características ou fatores.

Baseado nos objetivos específicos, as variáveis e os indicadores abordado neste estudo de caso estão relacionadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Variáveis e Indicadores da pesquisa

Variáveis	Indicadores
Processo de envasamento atual	Fluxograma
Modelo matemático que permita distribuir de forma ótima a produção	Software Lingo
Desvios entre a programação atual e a sugerida	Software Lingo

Fonte: Próprio autor

3.6.Plano de Registro e Análise de Dados

A coleta de dados quantitativos foi realizada a partir de relatórios gerenciais gerados pelo próprio sistema da empresa e registros de produção, que serviram de base para a quantificação dos números para a modelagem do problema.

4ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Caracterização do Processo de Envasamento Atual de Gás LP

A empresa em análise é uma base de produção de envasamento e distribuição de gás LP, possui certificação da ISO 9001/2008, o seu quadro de funcionários é constituído de 59 pessoas, o horário de funcionamento da Ultragaz ocorre de segunda a sábado.

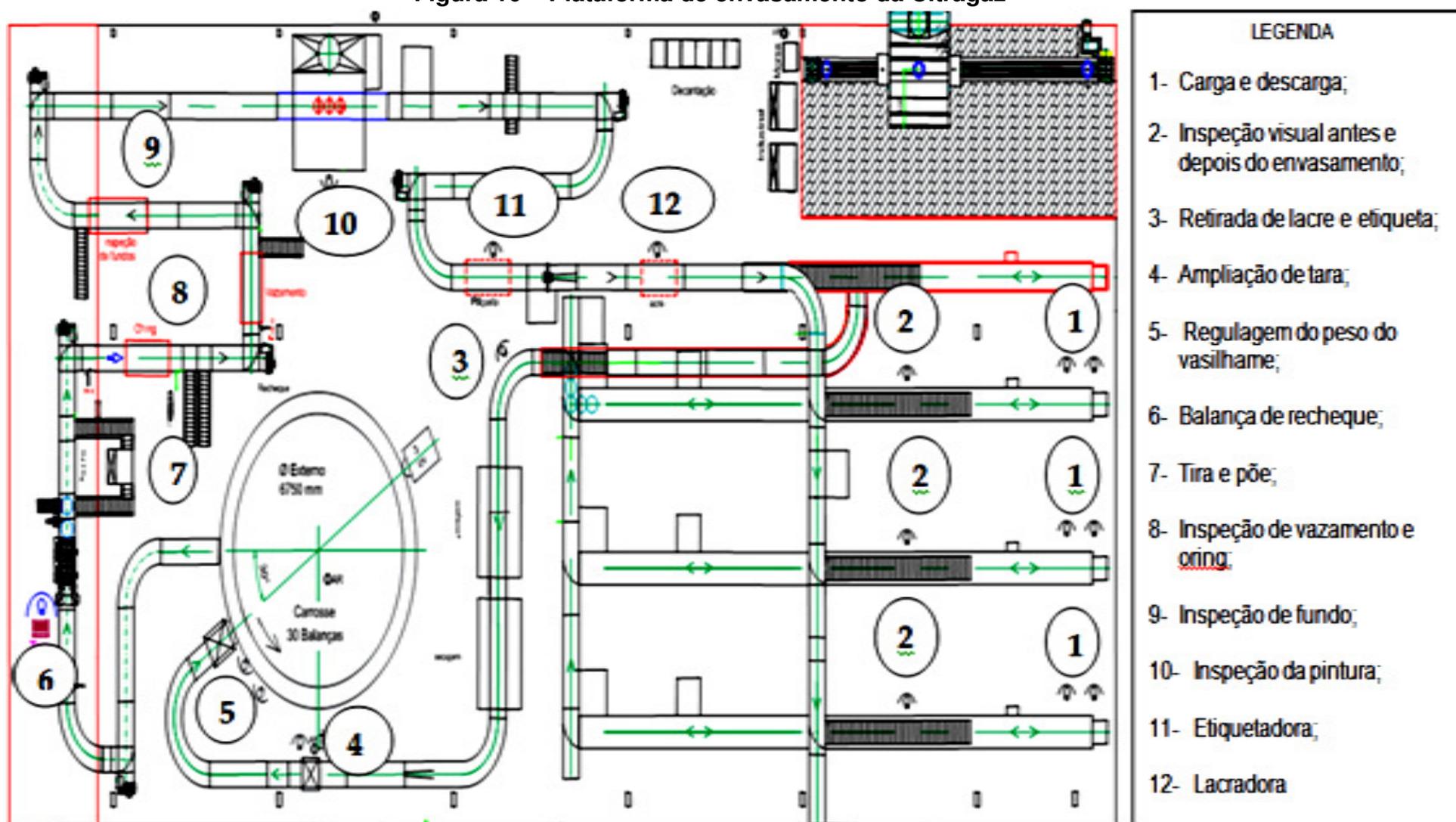
Os insumos da produção: lacre, etiqueta, tinta pronta para repintura, válvulas, plug fusível, plaqueta de tara e o GLP, todos são comprados pelo CSC-Matriz (compras centralizadas no centro de serviços compartilhados) via sistema ORACLE, o planejamento das compras respeita todo o gerenciamento de estoques.

A produção diária é baseada nas programações realizadas, pelos revendedores autorizados da companhia e dos responsáveis pelas congêneres (LIQUIGÁS E SHV), com apenas um dia de antecedência, sendo que os carros que estiverem fora de programação só serão atendidos mediante autorização do gerente da Base e da quantidade limite de produção.

A empresa trabalha no sistema de produção puxada utilizando o Just-in time, ou seja, todo o processo produtivo só é iniciado no momento que os carros chegam para fazer o carregamento, o seu tipo de sistema produtivo se dá por lotes ou bateladas, onde verifica-se algumas características, como, a baixa variedade e um volume consideravelmente alto, a sua disposição do arranjo físico é por produtos, pois, os recursos em transformação possui uma sequência definida muito clara, seguindo assim um fluxo longo de processos.

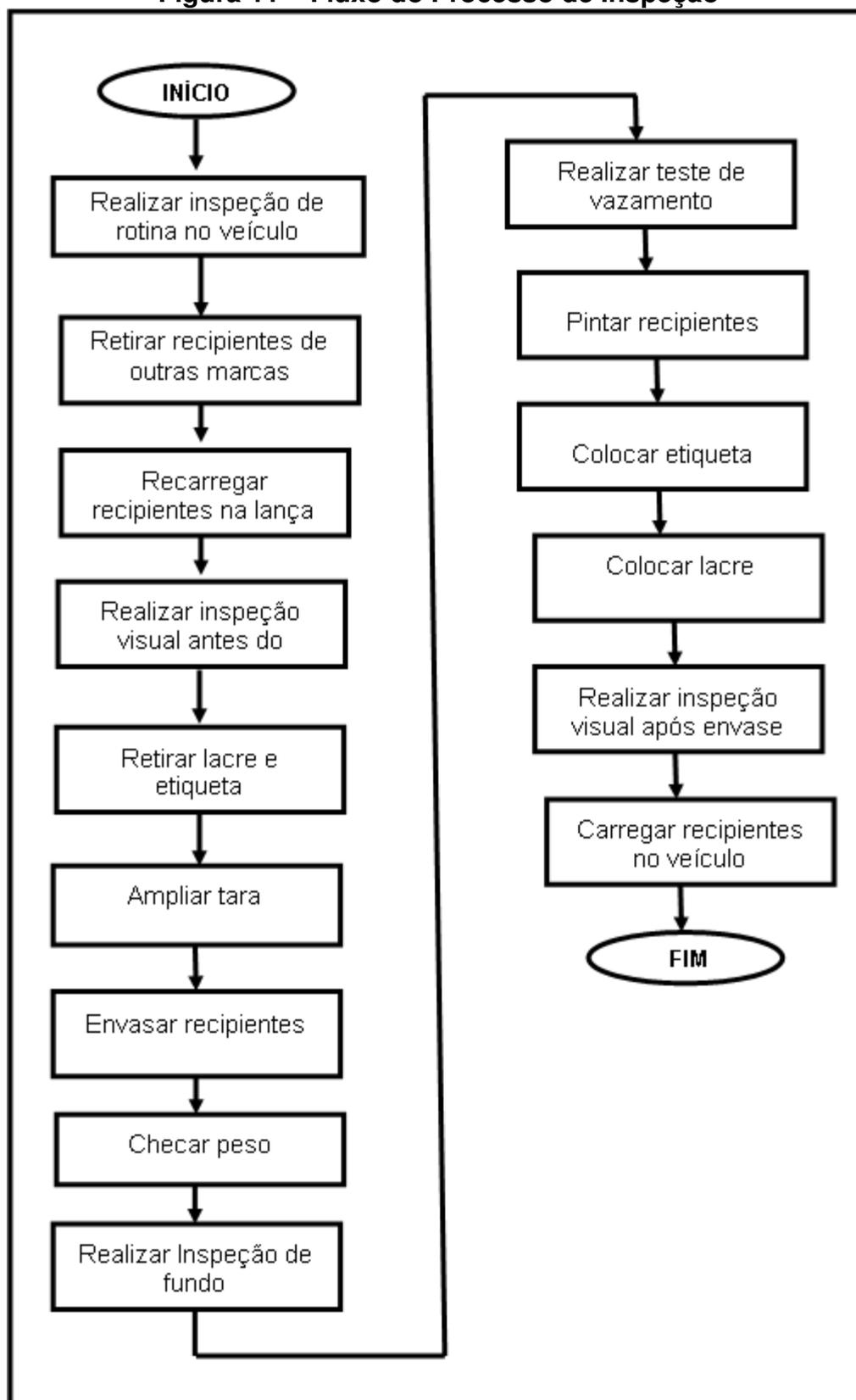
A Figura 10 mostra a plataforma de envasamento de GLP, onde se verifica cada etapa do processamento e a Figura 11, o fluxograma do processo de inspeção.

Figura 10 – Plataforma de envasamento da Ultragaz



Fonte: Ultragaz (2014)

Figura 11 – Fluxo do Processo de Inspeção



Fonte: Próprio autor

Conforme pode ser observado no fluxograma da Figura 6, o processo de envasamento de gás LP se inicia com a inspeção do veículo quanto aos itens de segurança, em seguida verifica se a carga tem recipientes de outras marcas, se houver, o mesmo é retirado e acondicionado em lotes separados por marcas.

Após a retirada dos recipientes de outras marcas (OM), o veículo entra na baía de carga e descarga, onde os vasilhames serão retirados e colocados no transportador conforme mostra a Figura 12.

Figura 12 – Descarregamento de Vasilhames



Fonte: Ultragaz

Após o descarregamento acontece a separação, onde em seguida é feita a seleção de recipiente com relação à validade, a tara e ao aspecto visual de acordo com a Figura 13.

Figura 13 – Inspeção Visual Antes do Envasamento



Fonte: Ultragaz

Os vasilhames aprovados na seleção visual antes do envasamento seguem o fluxo da linha onde as etiquetas e os lacres remanescentes são retirados conforme Figura 14.

Figura 14 – Retirada de Lacre e Etiqueta



Fonte: Ultragaz

Após passarem pela máquina de lavagem e de secagem, os vasilhames partem então para o posto de ampliação de tara, conforme Figura 15.

Figura 15– Ampliação de Tara



Fonte: Ultragaz

Na ampliação da tara, o operador escreve com giz a numeração que consta na tara do vasilhame, conforme figura 10, para facilitar a visualização da mesma quando o operador for ajustar o peso na balança do carrossel, pois essa balança é mecânica conforme se observa na Figura 16.

Figura 16 – Balança do Carrossel



Fonte: Ultragaz

As garrafas que saem do carrossel passam por uma inspeção de peso na balança eletrônica de recheque, onde os vasilhames que estão fora do peso especificado são expulsos da linha de produção no setor de tira-e-põe, neste os recipientes são ajustados, conforme as Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Balança de Recheque



Fonte: Ultragaz

Figura 18 – Tira e Põe

Fonte: Ultragaz

Os recipientes ajustados voltam ao processo seguindo até o posto de inspeção de fundo e de vazamento, onde são verificados pontos de corrosão, furo, vazamento na válvula e no *plug* fusível. Os recipientes aprovados seguem para a cabine de pintura, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Cabine de Pintura

Fonte: Ultragaz

Ao sair da cabine de pintura os vasilhames seguem para a etiquetadora conforme Figura 20.

Figura 20 – Etiquetadora



Fonte: Ultragaz

Logo após sair da etiquetadora os vasilhames seguem para o posicionamento dos lacres conforme mostra a Figura 21.

Figura 21 – Posicionamento de Lacre



Fonte: Ultragaz

Na sequência, passam pela inspeção visual, voltada a verificar a conformidade da pintura, a presença do lacre e da etiqueta, conforme Figura 22.

Figura 22 – Inspeção Visual Depois do Envaso



Fonte: Ultragaz

E finalizando o processo produtivo, os veículos são carregados com os recipientes aprovados na inspeção, como mostra a Figura 23.

Figura 23 – Carregamento de Vasilhames no Veículo



Fonte: Ultragaz

Todos os postos de trabalho possuem uma instrução especificando como realizar cada tarefa e no intervalo de seis meses ou quando ocorre revisão na instrução os colaboradores são retreinados nas atividades.

4.2. Modelo Matemático

Os dados utilizados na modelagem da programação matemática foram retirados de registros de produção, relatórios financeiros gerenciais e contratos de serviços do ano de 2014. A criação desse modelo busca a melhor maneira de envasar os botijões das três marcas em estudo visando aumentar a lucratividade.

Os produtos analisados são o “P13” que possui 13kg de gás e sua utilização é de uso domiciliar, o “P20”, possui 20kg de gás e é utilizado em empilhadeiras e o “P45”, possui 45kg de gás e sua principal utilidade é na área industrial.

A Ultragaz possui uma produção nominal de 1800 P13/h, 20 P20/h e 20 P45/h, tendo uma jornada de trabalho de 8h diárias durante 25 dias no mês, com isso podemos calcular a capacidade de produção total, conforme mostra a Tabela 1

Tabela 1–Capacidade de produção total

PRODUTO	Quantidade/h	Horas trabalhada por dia	Dias trabalhados no mês	Quantidade em kg/produto	Toneladas de gás/mês
P13	1800	8	25	13	4680
P20	20	8	25	20	80
P45	20	8	25	45	180
Total em toneladas	4940				

Fonte: Próprio autor

As Tabelas 2, 3 e 4 mostram o resumo do engarrafamento da Ultragaz, Liquigás e SHV identificando a produção mensal em unidades e em toneladas de gás, também mostra os rendimentos que a empresa em análise possui com a sua produção e os serviços prestados para as companhias citada acima, essas empresas possuem contrato de três anos sendo que a Liquigás possui uma quantidade de 960 Ton/mês e seu valor 86,66 R\$/Ton e a SHV possui 600 Ton/mês e seu valor é de 74,89 R\$/Ton.

Tabela 2 – Resumo de Engarramento Ultragaz

MESES	P13	P20	P45	R\$ mil
Janeiro	203357un	611un	551un	R\$ 1.245
Fevereiro	186546un	681un	533un	R\$ 1.171
Março	182361un	615un	579un	R\$ 1.262
Abril	188108un	554un	617un	R\$ 1.238
Maiο	211720un	675un	684un	R\$ 1.278
Junho	194052un	611un	601un	R\$ 1.300
Julho	212874un	650un	736un	R\$ 1.362
Agosto	209690un	649un	746un	R\$ 1.342
Setembro	233431un	669un	815un	R\$ 1.269
Média de envasamento	202460un	635un	651un	-
% de envasamento	98,43%	0,47%	1,10%	-
Média tonelada	2631,98	12,70	29,31	-
Média total em toneladas	2673,99			
Média R\$ mil	R\$ 1.274			

Fonte: Próprio autor

Tabela 3 – Resumo de Engarramento Liquigás

MESES	P13	P20	P45	R\$
Janeiro	71305	231	91	R\$ 81.086,03
Fevereiro	67044	207	92	R\$ 76.247,97
Março	68705	196	105	R\$ 78.150,85
Abril	70808	224	75	R\$ 80.451,59
Maiο	69178	255	114	R\$ 78.821,08
Junho	64290	204	104	R\$ 73.186,97
Julho	71931	212	125	R\$ 81.890,93
Agosto	72180	253	146	R\$ 82.324,40
Setembro	72794	223	88	R\$ 82.737,94
Média de envasamento	69804	223	104	-
% de envasamento	99%	0,49%	0,51%	-
Média tonelada	907,45	4,46	4,70	-
Média total em toneladas	916,61			

Média R\$	R\$ 79.433,09
-----------	---------------

Fonte: Próprio autor

Tabela 4 – Resumo de Engarrafamento SHV

MESES	P13	P20	P45	R\$
Janeiro	23286	430	200	R\$ 23.988,62
Fevereiro	21894	339	132	R\$ 22.267,94
Março	22385	211	129	R\$ 22.544,14
Abril	20931	296	143	R\$ 21.303,06
Maió	23906	299	97	R\$ 24.048,90
Junho	24009	260	141	R\$ 24.239,05
Julho	29119	232	175	R\$ 29.286,63
Agosto	27154	170	122	R\$ 27.102,09
Setembro	29660	277	165	R\$ 29.847,04
Media de envasamento	24705	279	145	-
% de envasamento	96,37%	1,68%	1,96%	-
Média tonelada	321,16	5,59	6,52	-
Média total em toneladas	333,27			
Média R\$	R\$ 24.958,61			

Fonte: Próprio autor

De acordo com as tabelas acima podemos encontrar as margens de contribuição (lucro) por unidade de produto e a porcentagem do envasamento da capacidade da produção total de acordo com a Tabela 5 e 6. Os valores encontrados na margem de contribuição da marca Ultragaz é a média de lucro por produto e os valores encontrados tanto na Liquigás como na SHVs são fixos, pois, os valores são pagos a Ultragaz por tonelada envasada.

O envasamento máximo em toneladas/mês de cada companhia foi calculado levando em consideração a porcentagem média de envasamento de cada produto.

Tabela 5 – Margem de contribuição por unidade

MARCA	P13	P20	P45
ULTRAGAZ	R\$ 8,50	R\$ 22,32	R\$ 24,14
LIQUIGAS	R\$ 1,13	R\$ 1,73	R\$ 3,90

SHV	R\$ 0,97	R\$ 1,50	R\$ 3,37
-----	----------	----------	----------

Fonte: autor

Tabela 6 – Envasamento máximo em toneladas/mês

MARCA	P13	P20	P45
ULTRAGAZ	3326,90	16,05	37,05
LIQUIGAS	950,41	4,67	4,92
SHV	578,20	10,06	11,74

Fonte: autor

Após tabelar todas as informações pertinentes para construir a função objetivo e suas restrições, lança-se os dados no software Lingo almejando encontrar a solução ótima. Os valores de todos os coeficientes das restrições correspondem ao peso em kg do respectivo produto. A Tabela 7 mostra as variáveis do processo.

Tabela 7 – Variáveis de decisão

MARCA	ULTRAGAZ (1)			LIQUIGÁS (2)			SHV (3)		
TIPO DE PRODUTO	P13	P20	P45	P13	P20	P45	P13	P20	P45
VARIÁVEIS DO MODELO	X11	X12	X13	X21	X22	X23	X31	X32	X33

Fonte: Próprio autor

As restrições foram baseadas nas porcentagens média de envasamento de cada produto, considerando a capacidade de produção total, pois a Ultragaz, Liquigás e SHV não possuem quantidades definidas de produtos, porém, o principal produto das três companhia é o P13. As Figuras 24 e 25 mostram a primeira simulação do modelo.

Função objetivo:1

Maximizar=8,50*X11+22,32*X12+24,14*X13+1,13*X21+1,73*X22+3,90*X23+0,97*X31+1,50*X32+3,37*X33

Restrições: 1

$$(1) 13*X11+20*X12+45*X13 \leq 3380$$

$$(2) 13*X21+20*X22+45*X23 \leq 960$$

$$(3) 13*X31+20*X32+45*X33 \leq 600$$

$$(4) 13*X11 \leq 3326,90$$

$$(5) 20*X12 \leq 16,05$$

$$(6) 45*X13 \leq 37,05$$

$$(7) 13*X21 \leq 950,41$$

$$(8) 20*X22 \leq 4,67$$

$$(9) 45*X23 \leq 4,92$$

$$(10) 13 \cdot X_{31} \leq 578,20$$

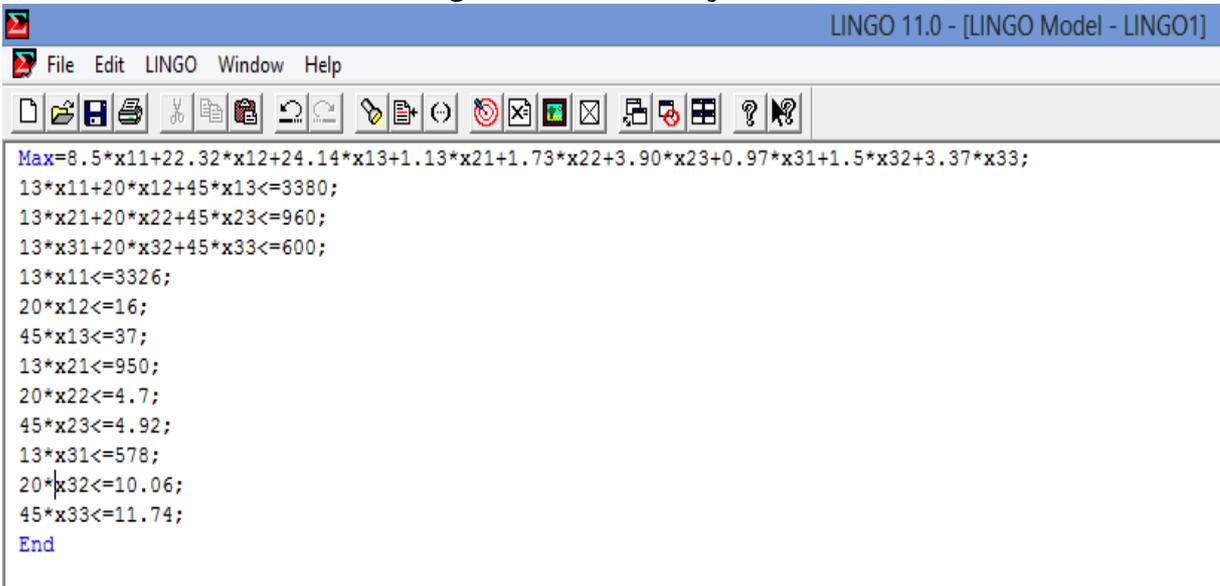
$$(11) 20 \cdot X_{32} \leq 10,06$$

$$(12) 45 \cdot X_{33} \leq 11,74$$

$$(13) X_{11}; X_{12}; X_{13}; X_{21}; X_{22}; X_{23}; X_{31}; X_{32}; X_{33} \geq 0$$

Na restrição 1: a equação (1) foi baseada na capacidade máxima de produção mensal em toneladas menos o total que rege o contrato da Liquigás e SHV (4940-960-600=3380 Toneladas), a equação (2) foi baseada na capacidade total do contrato da Liquigás, a equação (3) foi baseada na capacidade total do contrato da SHV, as equações (4) a (12) foram baseadas na percentagem média do envasamento do produto de cada companhia e a equação (13) representa a condição de não negatividade.

Figura 24 – Simulação 1a



```

Max=8.5*x11+22.32*x12+24.14*x13+1.13*x21+1.73*x22+3.90*x23+0.97*x31+1.5*x32+3.37*x33;
13*x11+20*x12+45*x13<=3380;
13*x21+20*x22+45*x23<=960;
13*x31+20*x32+45*x33<=600;
13*x11<=3326;
20*x12<=16;
45*x13<=37;
13*x21<=950;
20*x22<=4.7;
45*x23<=4.92;
13*x31<=578;
20*x32<=10.06;
45*x33<=11.74;
End

```

Fonte: Próprio autor

Figura 25 – Simulação 1b

Global optimal solution found.
Objective value: 2340.568
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 0

Valor da variável

variável	Variable	Value	Reduced Cost
X11	X11	255.8462	0.000000
X12	X12	0.8000000	0.000000
X13	X13	0.8222222	0.000000
X21	X21	73.07692	0.000000
X22	X22	0.2350000	0.000000
X23	X23	0.1093333	0.000000
X31	X31	44.46154	0.000000
X32	X32	0.5030000	0.000000
X33	X33	0.2608889	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2340.568	1.000000
2	1.000000	0.000000
3	0.3800000	0.000000
4	0.2000000	0.000000
5	0.000000	0.6538462
6	0.000000	1.116000
7	0.000000	0.5364444
8	0.000000	0.8692308
9	0.000000	0.8650000E-01
10	0.000000	0.8666667E-01
11	0.000000	0.7461538E-01
12	0.000000	0.7500000E-01
13	0.000000	0.7488889E-01

Fonte: Próprio autor

A simulação 2 foi baseada na retirada do engarramento da SHV, pois seu contrato vence em dezembro de 2014 e os gestores não tem definição da renovação do mesmo, portanto foi pertinente efetuar a simulação desconsiderando o envase da SHV. As Figuras 26 e 27 mostram a segunda simulação da modelagem.

Função objetivo: 2

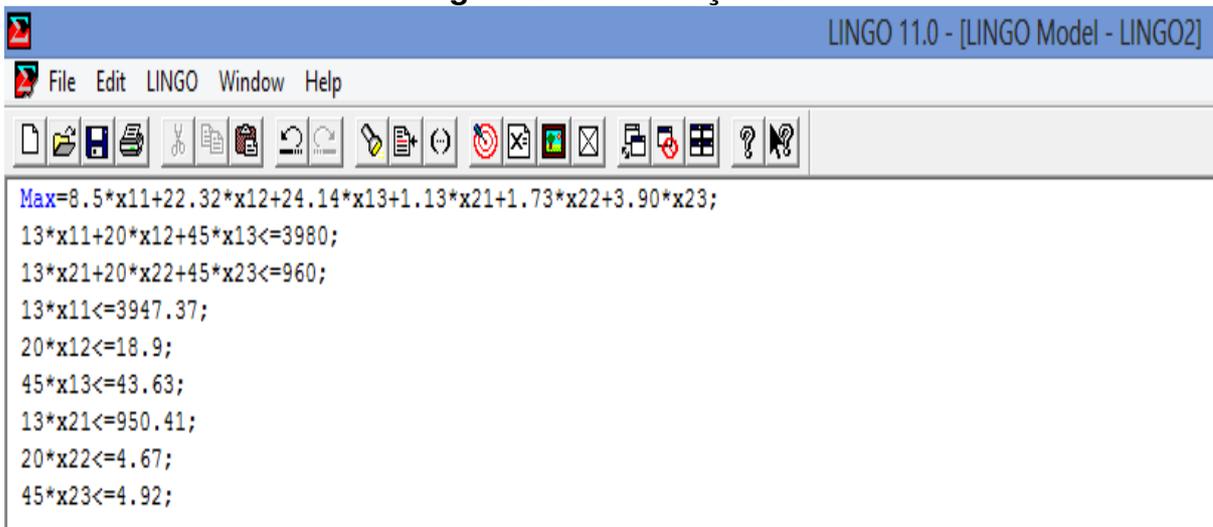
Maximizar = $8,50 \cdot X_{11} + 22,32 \cdot X_{12} + 24,14 \cdot X_{13} + 1,13 \cdot X_{21} + 1,73 \cdot X_{22} + 3,90 \cdot X_{23}$

Restrições: 2

- (1) $13 \cdot X_{11} + 20 \cdot X_{12} + 45 \cdot X_{13} \leq 3980$
- (2) $13 \cdot X_{21} + 20 \cdot X_{22} + 45 \cdot X_{23} \leq 960$
- (3) $13 \cdot X_{11} \leq 3947,37$
- (4) $20 \cdot X_{12} \leq 18,90$
- (5) $45 \cdot X_{13} \leq 43,63$
- (6) $13 \cdot X_{21} \leq 950,41$
- (7) $20 \cdot X_{22} \leq 4,67$
- (8) $45 \cdot X_{23} \leq 4,92$
- (9) $x_{11}; x_{12}; x_{13}; x_{21}; x_{22}; x_{23} \geq 0$

Na restrição 2: a equação (1) foi baseada na capacidade máxima de produção mensal em toneladas menos o valor que rege o contrato da Liquigás ($4940 - 960 = 3980$ toneladas), a equação (2) foi baseada na capacidade total do contrato da Liquigás, as equações (3) a (8) foram baseadas na percentagem média do envasamento do produto de cada companhia e a equação (9) representa a equação de não negatividade.

Figura 26 – Simulação 2a



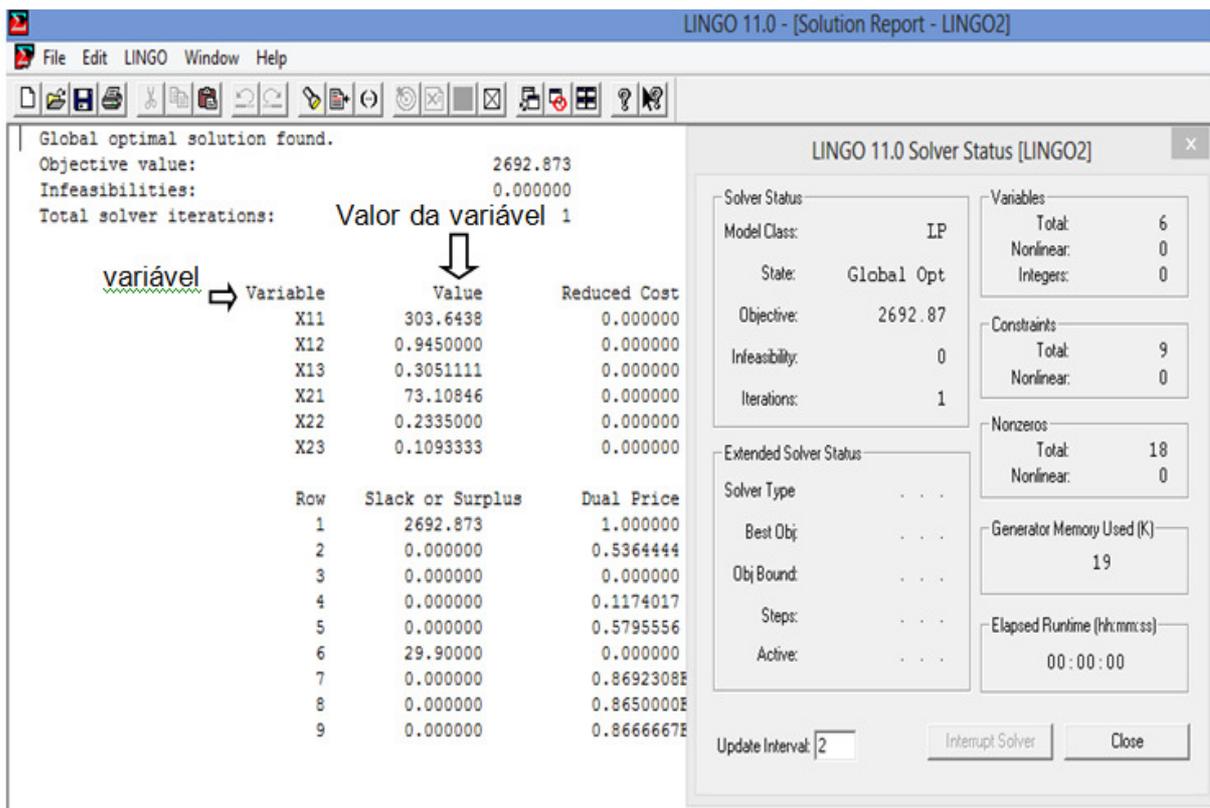
```

Max=8.5*x11+22.32*x12+24.14*x13+1.13*x21+1.73*x22+3.90*x23;
13*x11+20*x12+45*x13<=3980;
13*x21+20*x22+45*x23<=960;
13*x11<=3947.37;
20*x12<=18.9;
45*x13<=43.63;
13*x21<=950.41;
20*x22<=4.67;
45*x23<=4.92;

```

Fonte: Próprio autor

Figura 27 – Simulação 2b



Global optimal solution found.
Objective value: 2692.873
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 1

variável →

Variable	Value	Reduced Cost
X11	303.6438	0.000000
X12	0.9450000	0.000000
X13	0.3051111	0.000000
X21	73.10846	0.000000
X22	0.2335000	0.000000
X23	0.1093333	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2692.873	1.000000
2	0.000000	0.5364444
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.1174017
5	0.000000	0.5795556
6	29.90000	0.000000
7	0.000000	0.8692308E
8	0.000000	0.8650000E
9	0.000000	0.8666667E

LINGO 11.0 Solver Status [LINGO2]

Solver Status

Model Class: IP

State: Global Opt

Objective: 2692.87

Infeasibility: 0

Iterations: 1

Variables

Total: 6

Nonlinear: 0

Integers: 0

Constraints

Total: 9

Nonlinear: 0

Nonzeros

Total: 18

Nonlinear: 0

Extended Solver Status

Solver Type: . . .

Best Obj: . . .

Obj Bound: . . .

Steps: . . .

Active: . . .

Generator Memory Used (K): 19

Elapsed Runtime (hh:mm:ss): 00:00:00

Update Interval: 2

Interrupt Solver

Close

Fonte: Próprio autor

Na simulação 3 o critério utilizado foi a redução do engarrafamento da SHV, pois o seu contrato rege 600 toneladas por mês, porém a sua média de envasamento mensal são de 320 toneladas. Essa linha de pensamento foi relevante,

pois, caso a SHV renove o contrato a sua cota será reduzida para 320 toneladas. As Figuras 28 e 29 apresentam a terceira situação do modelo.

Função objetivo:3

Maximizar= $8,50 \cdot X_{11} + 22,32 \cdot X_{12} + 24,14 \cdot X_{13} + 1,13 \cdot X_{21} + 1,73 \cdot X_{22} + 3,90 \cdot X_{23} + 0,97 \cdot X_{31} + 1,50 \cdot X_{32} + 3,37 \cdot X_{33}$

Restrições: 3

$$(1) 13 \cdot X_{11} + 20 \cdot X_{12} + 45 \cdot X_{13} \leq 3660$$

$$(2) 13 \cdot X_{21} + 20 \cdot X_{22} + 45 \cdot X_{23} \leq 960$$

$$(3) 13 \cdot X_{31} + 20 \cdot X_{32} + 45 \cdot X_{33} \leq 320$$

$$(4) 13 \cdot X_{11} \leq 3602,50$$

$$(5) 20 \cdot X_{12} \leq 17,38$$

$$(6) 45 \cdot X_{13} \leq 40,12$$

$$(7) 13 \cdot X_{21} \leq 950,41$$

$$(8) 20 \cdot X_{22} \leq 4,67$$

$$(9) 45 \cdot X_{23} \leq 4,92$$

$$(10) 13 \cdot X_{31} \leq 308,38$$

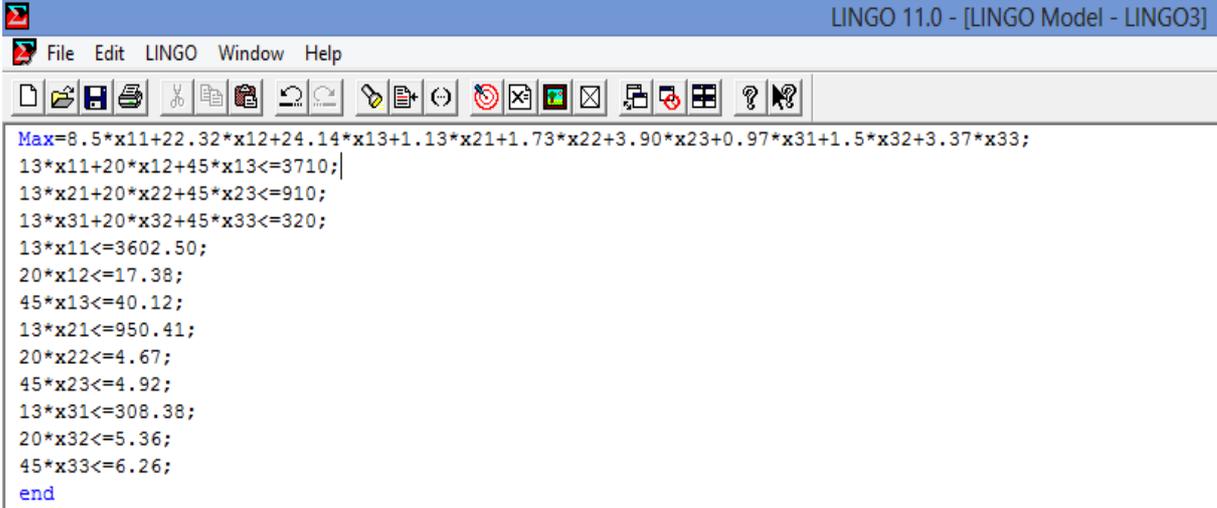
$$(11) 20 \cdot X_{32} \leq 5,36$$

$$(12) 45 \cdot X_{33} \leq 6,26$$

$$(13) X_{11}; X_{12}; X_{13}; X_{21}; X_{22}; X_{23}; X_{31}; X_{32}; X_{33} \geq 0$$

Na restrição 3: a equação (1) foi baseada na capacidade máxima de produção mensal em toneladas menos o valor que rege o contrato da Liquigás e menos o valor que será vigorado na renovação do contrato da SHV, a equação (2) foi baseada na capacidade total do contrato da Liquigás, a equação (3) foi baseada na redução da capacidade total da SHV, as equações (4) a (12) foram baseadas na percentagem média do envasamento do produto de cada companhia.

Figura 28 – Simulação 3a



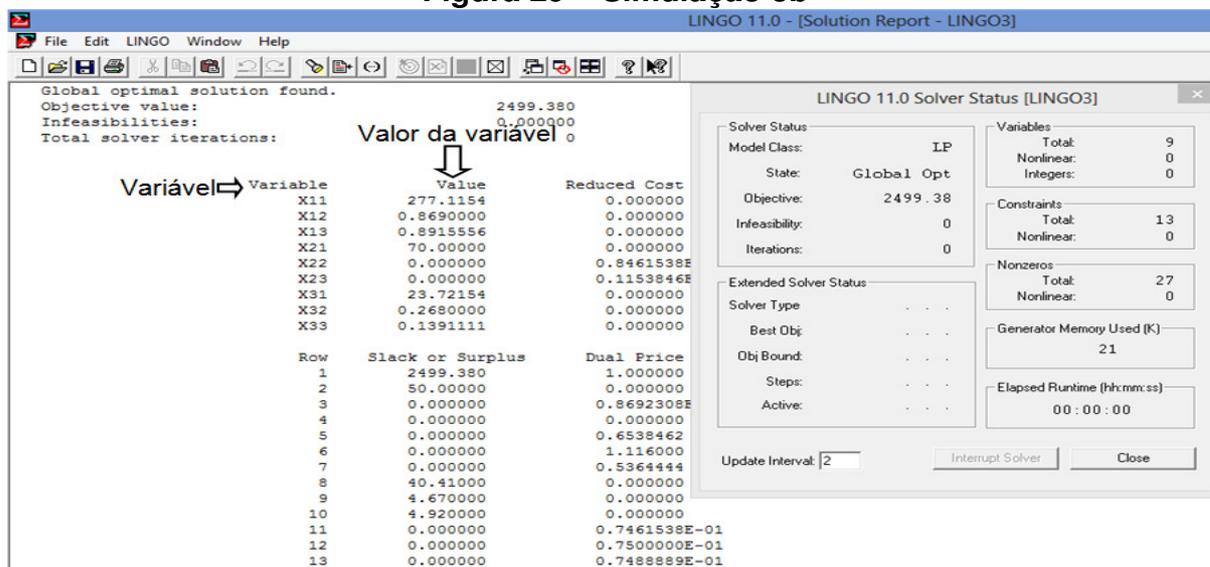
```

LINGO 11.0 - [LINGO Model - LINGO3]
File Edit LINGO Window Help
Max=8.5*x11+22.32*x12+24.14*x13+1.13*x21+1.73*x22+3.90*x23+0.97*x31+1.5*x32+3.37*x33;
13*x11+20*x12+45*x13<=3710;
13*x21+20*x22+45*x23<=910;
13*x31+20*x32+45*x33<=320;
13*x11<=3602.50;
20*x12<=17.38;
45*x13<=40.12;
13*x21<=950.41;
20*x22<=4.67;
45*x23<=4.92;
13*x31<=308.38;
20*x32<=5.36;
45*x33<=6.26;
end

```

Fonte: Próprio autor

Figura 29 – Simulação 3b



Fonte: Próprio autor

Foram efetuadas três simulações para demonstrar a variabilidade do processo de modelagem e analisar qual a melhor solução a ser desenvolvida e aplicada na empresa em análise.

4.3 Avaliação dos Resultados

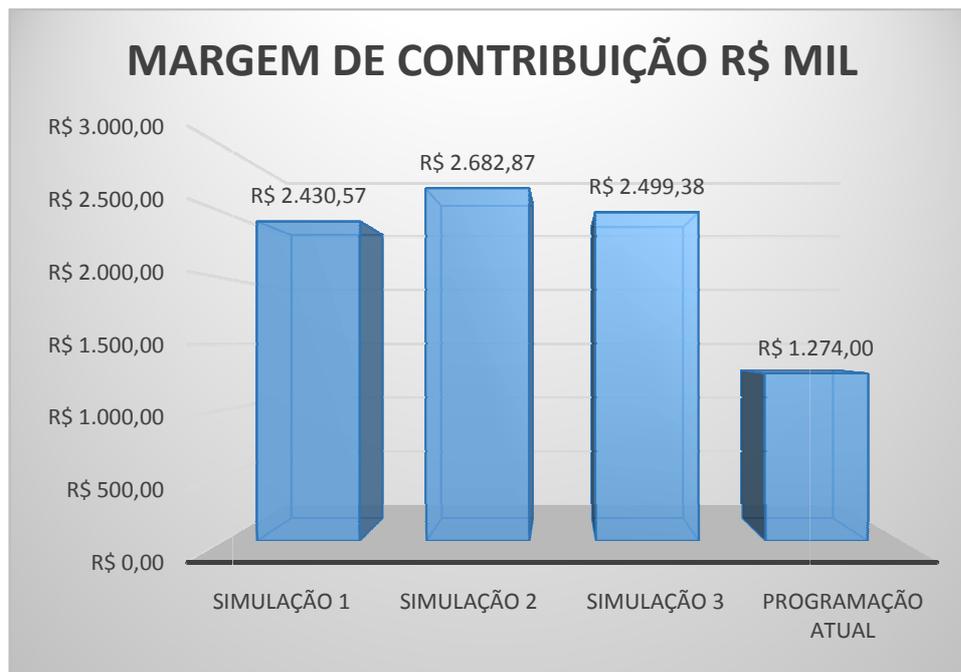
As programações do mix de produtos encontrados foram analisados com as programações atuais, levando em consideração a relevância de cada simulação. Na Tabela 8 mostra os resultados de cada solução ótima em comparação com atual e o Gráfico 1 facilita a visualização das margens de contribuição mensal.

Tabela 8– Comparação dos resultados

	SIMULAÇÃO 1	SIMULAÇÃO 2	SIMULAÇÃO 3	PROGRAMAÇÃO ATUAL
LUCRO TOTAL R\$ MIL	R\$ 2.430,57	R\$ 2.682,87	R\$ 2.499,38	R\$ 1.274,00
DIFERENÇA DE LUCRO	R\$ 1.156,57	R\$ 1.408,87	R\$ 1.225,38	-
% DE LUCRO ACIMA DO ATUAL	90,78%	110,59%	96,18%	-

Fonte: Próprio autor

Gráfico1-Margem de contribuição



Fonte: autor

De acordo com as simulações, verifica-se que a melhor solução por ordem crescente foi a simulação 2, 3 e 1, porém vamos analisar a melhor opção. Ao levar a situação a gerência da empresa foram discutidas as 3 simulações.

A simulação 1 foi considerado a produção máxima das três companhias, a simulação 2 levou em consideração a saída do engarrafamento da SHV, pois o seu contrato vence em dezembro 2014, e a sua cota mensal foi lançada na Ultragas, a simulação 3 estabeleceu a redução da parcela mensal de gás da SHV, pois a mesma utiliza uma média de 53% do orçado em contrato.

A gerência da empresa e o autor deste trabalho entraram em consenso e optaram pela programação da simulação 3, dado que foi a simulação mais próxima do real, porque caso se mantenha o contrato de serviço da SHV a sua cota mensal vai se reduzir a sua média atual.

5 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu visualizar a aplicabilidade da programação linear na otimização do processo na indústria, utilizando – o como ferramenta para encontrar o melhor planejamento do mix da produção, trazendo maiores rendimento para a empresa em estudo.

Com o uso da programação linear foi possível encontrar outros modelos de planejamento da produção e analisar como está o modelo atual da empresa, quanto a sua disponibilidade de envasamento de gás mensal e com relação a sua disposição na programação das congêneres.

A partir das simulações realizadas no programa Lingo pode-se constatar que a empresa está deixando de potencializar os seus lucros, pois nos três modelos encontrados os rendimentos foram de R\$2.430,57 R\$ 2.682,87 R\$ 2.499,38 em milhão de reais mensais, contra um rendimento atual de R\$1.274,00.

A empresa em estudo aceitou a proposta da nova programação da produção e levará este trabalho para apresentação na reunião da diretoria em janeiro 2015, algumas mudanças serão feitas a partir de dezembro de 2014, como o aumento de compras de insumos de produção e especificação do horário de envasamento da Liquigás e SHV, pois a previsão de início dessa programação da produção é para fevereiro de 2015.

Foram encontrados algumas dificuldades na elaboração deste trabalho, pois como ainda existe pouca interação entre a produção e a comercial foi difícil marcar reuniões onde todos os envolvidos estivessem presentes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luara de Jesus; MARTINS, Glêndara Aparecida de Souza; SILVA, Warley Gramacho da. **Otimização de Processos Utilizando a Programação Linear**. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/otimizacao%20de%20processos.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

ANDRADE, Eduardo Leolpodino. **Introdução a pesquisa operacional: Métodos e modelos para tomadas de decisões**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

BARBARÁ, Saulo. **Gestão por Processos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

BATISTA, Eduardo Ubirajara Rodrigues. **Guia de orientação de TCC's**. Aracaju: FANESE, 2013.1 (caderno)

BERGMAN, Natanael; SCHEUNEMANN, Rafael; POLACINSKI, Édio. **Ferramentas da Qualidade: definição de fluxogramas para a confecção de jalecos industriais**. 2ª Semana Internacional das Engenharias da FAHOR. Horizontina, RS. 2012.

CAIXETA FILHO, J.V. **Pesquisa Operacional: Técnicas de Otimização Aplicadas a Sistemas Agroindustriais**. São Paulo: Editora Atlas, 2001,

COLIN, Emerson Carlos. **Pesquisa Operacional - 170 Aplicações em Estratégia Finanças, Logística, Produção**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

COUTINHO, JoãoDelocco Villa; SILVA; Mariana Império Meyrelles Thomaz. **Da Aplicação de Programação Linear para o cálculo da compra de insumos para rações de vacas leiteiras 2013**. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005772.pdf>>. Acesso em: 05 de out. 2014.

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**. vol.02, Blumenau, v.2, Sem II, 2008. Disponível em: <http://www.ca.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodos_quantitativos_e_qualitativos_um_resgate_teorico.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2014.

HILLIER, Frederick SLIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa operacional** 8ª ed. São Paulo: Mc Graw – Hill, 2006.

GATTI, Bernardete A. **Abordagens quantitativas e a pesquisa educacional**. Fundação Carlos Chagas Sem. IMEUSP, maio 2012. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~marcos/Bernadete25052012.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2014.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 5. ed São Paulo. Editora Atlas, 2010.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas São Paulo**. vol. 35, n. 2. Março/abril, 1995. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/392-pesquisa_qualitativa_godoy.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2014.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões** - 3ª ed. São Paulo: Editora Campus Ltda, 2007.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões** - 4ª ed. São Paulo: Editora Campus Ltda, 2009.

LOURENÇO, André Araújo; GOMES, Guilherme H. Guerra; CARVALHO, Pedro A. Morais de, MAFRA, Rodrigo Silvério de Carvalho; BRETAS, Thiago Lomas, SILVA, André Luís. **Apresentação de Material Pedagógico-Computacional para o Ensino do Método Simplex**. Disponível em <<http://www.podesenvolvimento.org.br/inicio/index.php?journal=podesenvolvimento&page=article&op=view&path%5B%5D=222>>. Acesso em: 10 out. 2014.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. ed.5. São Paulo: Atlas, 2002.

MARQUES, O. H.; MANFROI, J.; CASTILHO, Maria Augusta de; NOAL, Mirian Lange. **Metodologia da Pesquisa e do Trabalho Científico**. Campo Grande, Editora UCDB, 2006.

MEDEIROS, João Bosco. **Redação científica – A Prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 11 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

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

MORESI, Eduardo. **Metodologia da Pesquisa. (Org.)** Universidade Católica de Brasília (UCB), Brasília: 2003. Disponível em: <[pdf http://www.ebah.com.br/content/ABAAfhplAL/metodologia-pesquisa](http://www.ebah.com.br/content/ABAAfhplAL/metodologia-pesquisa)> Acesso em: 23 abril 2014.

OLIVEIRA, D, P, R., **Sistemas. Organização & Métodos: O&M - uma abordagem gerencial**. 13 ed. São Paulo: Atlas, 2002

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Unicenp. Curitiba: 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; e JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. São Paulo: Atlas, 1986.

RITZMAN, L., KRAJEWSKI, L. J. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Prentice Hall. 2008.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e p**
São Paulo:Atlas, 2009.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual do planejamento e controle da produção.** São
Paulo:Atlas, 1997.

VIEGAS, Waldir. **Fundamentos da metodologia científica.** Brasília: Universidade
de Brasília, 1999.