Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

A Otimização da Produção Segundo a TOC e a PL: Análise de suas Aplicações a uma Indústria de Embalagens Plásticas

Marlon Luiz Nery

TCC-EP-63-2006

Maringá - Paraná
Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

A Otimização da Produção Segundo a TOC e a PL: Análise de suas Aplicações a uma Indústria de Embalagens Plásticas

Marlon Luiz Nery

TCC-EP-63-2006

Trabalho de graduação apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Orientadora: Professora Drª Márcia Marcondes Altimari Samed

Maringá - Paraná
2006

Marlon Luiz Nery

Otimização da Produção segundo a TOC e a PL: Análise de suas Aplicações a um Indústria de Embalagens Plásticas

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

_____

Orientadora: Professora Drª Márcia Marcondes Altimari Samed
Departamento de Informática, CTC

_____

Professora Letícia Rodrigues Bueno
Departamento de Informática, CTC

Maringá, novembro de 2006

EPÍGRAFE

"Bem-aventurado aquele que teme ao SENHOR e anda nos seus caminhos"

Salmo: 128,1

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ser minha luz, meu caminho em quem um dia encontrarei redenção.

A professora Márcia Marcondes Altimiri Samed por me orientar, apoiar neste trabalho.

Obrigado àqueles que não participaram de forma direta neste trabalho, mas que dão base a minha vida:

- Minha mãe e meu pai que permaneceram grande parte do tempo, que estive estudando, ao meu lado dando apoio, carinho e compreensão.

- Aos meus irmãos pela compreensão e respeito para que fosse possível o desenvolvimento deste trabalho, além do apoio moral nos momentos difíceis e a companhia nos de descontração.

- Aos meus avós e tios que me apoiaram desde o vestibular, seus carinhos e incentivos me ajudaram a conquistar meus objetivos.

- Obrigado a todos meus amigos e conterrâneos – Burns, Eriston, Ju, Everton, Six, Mionzinho, Li, Alex, Zwialevisky, André, Vitor, Xandu, Maurício, Ricardo e outros - pelas “bagunças”, pelas batalhas e pelas conquistas divididas.

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade analisar a melhor forma de otimizar os recursos restritivos e a produção de manufatura em escala industrial. Nesse objetivo foi realizado um estudo de caso para verificar a eficiência da aplicação da teoria das restrições (TOC), junto à Programação Linear (PL) na melhoria da produção. O estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor plástico. Para tanto, analisou-se o setor de sopro da empresa, na qual se buscou o aumento da produtividade através da identificação e otimização de gargalos produtivos, objetivando o aumento no ganho global da empresa. A utilização da TOC como filosofia gerencial, aliada a PL como ferramenta de otimização de recursos restritivos tem se mostrado muito vantajoso. Os resultados obtidos, em termos de lucratividade global da operação, apresentaram diferenças significativas. Essa abordagem mostrou-se eficaz, como auxílio à tomada de decisões gerenciais para gestores conteporâneos.

Palavras-chave:Otimização, Teoria das restrições, Programação linear.

SUMÁRIO

EPÍGRAFE ..... **IV**

AGRADECIMENTOS ..... **V**

RESUMO ..... **VI**

SUMÁRIO ..... **VII**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES ..... **IX**

LISTA DE TABELAS ..... **X**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS ..... **XI**

1. INTRODUÇÃO **1**

1.1. OBJETIVOS 2
1.1.1. Objetivos gerais *2*
1.1.2. Objetivos específicos *2*
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO 2

2. REVISÃO DA LITERATURA **3**

2.1. TOMANDO DECISÕES 3
2.2. TEORIA DAS RESTRIÇÕES 6
2.2.1. Explicando a TOC *7*
2.2.2. O método Tambor-Pulmão-Corda e os Indicadores *9*
2.2.3. Fundamentos dos Indicadores *11*
2.2.4. Pensamento Lógico da TOC *12*
2.3. PESQUISA OPERACIONAL E A PROGRAMAÇÃO LINEAR 16
2.3.1. A PL e Suas Diretrizes *18*
2.3.2. Outras Definições *20*
2.3.3. Formas de Resolução *20*
2.4. MODELAGEM 21
2.4.1 Importância do Modelo na Tomada de Decisões *21*
2.6. POSSIBILIDADES DO USO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES COM A PROGRAMAÇÃO LINEAR 22

3. METODOLOGIA **23**

3.1 APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA 23
3.2 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO 24
3.2.1 Modelo Matemático *26*
3.3 APRESENTAÇÃO DOS DADOS 33
3.4 BREVE ABORDAGEM SOBRE ALGUMAS FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO 35
3.3.1 A Ferramenta LINDO *36*
3.3.2 A Ferramenta Excel *36*
3.3.3 A Ferramenta GAMS *36*

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES **37**

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS 37
4.2 COMPARATIVO ENTRE GERENCIAMENTOS 41

5. CONCLUSÃO **44**

REFERÊNCIAS **45**

APÊNDICE A – MODELO MATEMÁTICO NO EXCEL **47**

APÊNDICE B – MODELO MATEMÁTICO NO LINDO **50**

APÊNDICE C – MODELO MATEMÁTICO NO GAMS **55**

ANEXO A – RESULTADOS E RELATÓRIOS DO LINDO **65**

ANEXO B – RESULTADOS E RELATÓRIOS DO GAMS **73**

GLOSSÁRIO **78**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1 - FLUXOGRAMA GERAL PROCESSO DE SOPRO PARA CADA FRASCO 30

FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLO SIMPLES DE PRODUÇÃO 8
FIGURA 2 - GERENCIAMENTO DE RESTRIÇÕES. 14
FIGURA 3 - MODELO DE CAIXA PRETA 22
FIGURA 4 - FOTO DO SETOR DE SOPRO DA EMPRESA 25
FIGURA 5 - FLUXOS DA EMPRESA 28
FIGURA 6 - FLUXOS PARA 1 PRODUTO 29
FIGURA 7 - TRECHO CRÍTICO 30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 CUSTO POR UNITÁRIO E POR MILHEIRO DO FRASCO AGRO-QUÍMICO 26
TABELA 2 VALORES EMPREGADOS NA FUNÇÃO OBJETIVO 33
TABELA 3 VALORES UTILIZADO NAS RESTRIÇÕES DO MODELO 35
TABELA 4 RESULTADO SOLVER, LINDO E GAMS 38
TABELA 5 UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS 39
TABELA 6 COMPARAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO REAL E A PRODUÇÃO SIMULADA 40
TABELA 7 DIFERENÇAS DE RENTABILIDADE 41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APICS	*Association for Operations Management*, traduzido como associação para a gerência das operações.
MOD	Mão-de-obra direta.
MOI	Mão-de-obra indireta.
MP	Matéria-prima.
PL	Programação Linear.
PNL	Programação Não Linear
PO	Pesquisa Operacional
OPT	*Optimized Production Technology*, traduzido como Programação Otimizada de Produção.
RRC	Recurso Restritivo de Capacidade.
TOC	*Theory Of Constraints*, traduzido como Teoria das Restrições.
TPC	Método Tambor, Pulmão, Corda.

1. INTRODUÇÃO

Vivemos em um momento histórico no qual mudanças acontecem a todo tempo, muitas novidades de ontem tornam-se obsoletas hoje. Conseguir adaptar-se, rapidamente, e continuar competitivo é uma preocupação geral de toda organização que produz um bem de consumo ou serviço.

Existe uma busca constante da otimização da produção por parte dessas organizações. Para garantir uma sobrevivência, nesse cenário, elas precisam estar atentas à maximização dos lucros e minimização dos custos.

Para tanto, os gestores devem apoiar-se em informações confiáveis para tomada de decisões seguras à vitalidade da organização.

A Teoria das Restrições, que em inglês significa *Theory of Constraints* (TOC), propõe uma sistemática para auxílio na tomada de decisões relacionadas à maximização do ganho das empresas através da otimização dos processos produtivos.

O mesmo objetivo de maximização de resultados através da otimização do mix de produção encontrado na TOC é encontrado também por métodos de otimização, tais como Programação Linear (PL).

Essas duas vertentes, se combinadas, podem trazer um resultado muito satisfatório para a empresa. Partindo desse pressuposto, foi realizado um estudo de caso em uma indústria de embalagens plásticas, localizada na região de Maringá-Paraná.

A empresa é de médio porte, apresentando um mix de produção com mais de 400 produtos, e trabalhando com um quadro atual de 100 funcionários, alocados em 3 turnos diários. Como alvo de estudo, foi escolhido o setor de sopro da empresa .

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos gerais

Estudar a otimização das restrições produtivas em uma indústria de embalagens plásticas.

1.1.2. Objetivos específicos

Analisar as restrições de recursos produtivos de uma indústria de plástico aplicando inicialmente a sistemática da TOC para identificação das restrições a PL para otimização dessas restrições. Com isso, espera-se obter resultados muito superiores aos que se alcançariam apenas com a inserção, separadamente, da TOC ou da PL. Comprovando assim a eficácia da utilização conjunta dessas duas ferramentas aos problemas de restrições produtivas.

1.2. Estrutura do Trabalho

Este trabalho segue a seguinte estrutura:

No Capítulo 1, apresenta-se a introdução do trabalho. Nele estão contidos a introdução dos assuntos abordados, objetivos e estrutura do trabalho.

No Capítulo 2, consta a revisão da literatura com a fundamentação teórica para o estudo realizado e base para as conclusões obtidas.

O Capítulo 3 descreve a metodologia empregada, juntamente com todo estudo de caso realizado na empresa citada, os dados coletados e a descrição de alguns softwares de simulação.

No Capítulo 4, os resultados alcançados são apresentados e discutidos com base na revisão da literatura.

O Capítulo 5 contém a conclusão deste trabalho e apresenta referências para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O termo Produção, segundo o dicionário Aurélio (2002), significa o ato ou efeito de produzir. Em uma visão mais estrita, de produzir coisas para se colocar no mercado. A produção é constituída por um bem econômico e todas as operações que lhe agreguem valor.

No decorrer da história, a produção de bens e serviços baseava-se em trabalho (mão-de-obra) intensivo e ocorria sem muitas complicações. Alguém que desejava uma cadeira serrava uma árvore, cortava a árvore em forma de tábuas e utilizava ferramentas específicas, para modelar sua cadeira. Para se obter uma cadeira melhor, era necessário dedicar um tempo maior para fabricá-la.

Com o início da Revolução Industrial, os métodos de produção mudaram. Os trabalhadores fabricavam produtos para venda e consumo. A especialização da mão-de-obra substituiu o artesão e criou métodos de produção de baixo custo e para habilidades não-especializadas. Cada empregado tornou-se um especialista em alguma etapa ou operação da produção.

Nos dias de hoje, poucos funcionários, especialmente os gerentes, são capazes de fazer um pouco de cada coisa. O gerenciamento tornou-se a arte e a ciência de se conseguir que as coisas sejam feitas por outras pessoas. Em uma escala maior, a produção tornou-se uma área específica de negócios, como aconteceram com a contabilidade, as finanças e o marketing.

O planejamento e o controle do processo de produção é uma parte importante na administração. Hoje, não basta apenas produzir, as empresas precisam produzir com qualidade e em grandes quantidades. Tomar as decisões certas é, simplesmente, crucial.

2.1. Tomando decisões

Segundo Lachtermacher (2002), diariamente, os gerentes têm que enfrentar uma série de situações de caráter externo e interno que podem afetar a continuidade do negócio, precisando em curtos espaços de tempo, escolher pelas melhores soluções ou a mais adequada. Para isso, eles precisam contar com ferramentas gerenciais que os ajudam na tomada dessas decisões.

Podemos entender a tomada de decisão como o processo de identificar um problema ou uma oportunidade e selecionar uma linha de ação para resolvê-lo. Um problema ocorre quando o

estado atual de uma situação é diferente do desejado. Uma oportunidade ocorre quando as circunstâncias oferecem a chance do indivíduo/organização ultrapassar seus objetivos e/ou metas.

Vários fatores têm efeito direto na tomada de decisão, tais como: tempo disponível; a importância que representa essa decisão; o ambiente; as certezas e incertezas que se possui; as pessoas responsáveis ou agentes decisores e os conflitos de interesses, muitas vezes pessoais, evidencia Lachtermacher (2002)

Diversas abordagens, filosofias e ferramentas foram desenvolvidas durante as últimas décadas. Todas elas surgiram para auxiliar os gerentes a tomar decisões. Decisões que são importantes para a vitalidade da organização. Mas decidir qual delas seguir era o problema.

Muitas empresas passaram por vários processos traumáticos de implantação de filosofias que não deram certo. Sendo muitas delas demoradas e exigindo uma conscientização de toda a organização. O fator “tempo” sempre é limitante, em um mundo tão imprevisível, nenhuma empresa sabe até quando estará no mercado competitivo, por isso não se arrisca muito a adotar projetos dispendiosos que, talvez, nunca se concretizem. Fazem, na verdade, um *mix* de várias ferramentas de diferentes filosofias, em um processo de tentativa e erro, para descobrir qual se adequará melhor a sua organização.

Dessa forma, observa-se que muitas nem funcionam e as que parecem funcionar, acabam falhando em momentos importantes. Rapidamente, maioria dos gerentes de produção, tentando contornar essas adversidades, habitua-se a apagar incêndios e a acelerar expedições. Talvez esta visão não seja adequada, esclarece Goldratt (2000).

Mesmo assim, idéias inovadoras estão sempre surgindo, sendo que a grande maioria delas vem trazer contribuições para as já existentes, trazem uma nova abordagem que realmente funciona baseando-se na compreensão das causas do mau funcionamento das idéias antigas.

Quando determinamos por que as coisas não funcionam e criamos novos métodos, a arte do gerenciamento torna-se ciência. Segundo Goldratt (2000), não devemos restringir a idéia de ciência apenas a fenômenos naturais, existem muitos outros que não se encaixam nesta categoria e nem por isso estudá-los deixa de ser ciência. As organizações industriais possuem vários desses fenômenos e tais devem ser estudados como ciência, tratá-los diferentes é querer colocá-los na arena da ficção em vez de na realidade.

operação 30 pode ser realizada em uma média de cinco unidades por hora. A matéria-prima B é utilizada em uma média de dez unidades por hora na operação 15, sua primeira etapa; a operação 25, a segunda etapa, a uma razão de quatro unidades por hora e a última etapa, a operação 35, a uma taxa de cinco unidades por hora. A montagem do componente A e do componente B para formar o produto C é bastante simples e leva apenas três minutos, isto resulta em uma taxa de produção de vinte unidades por hora.

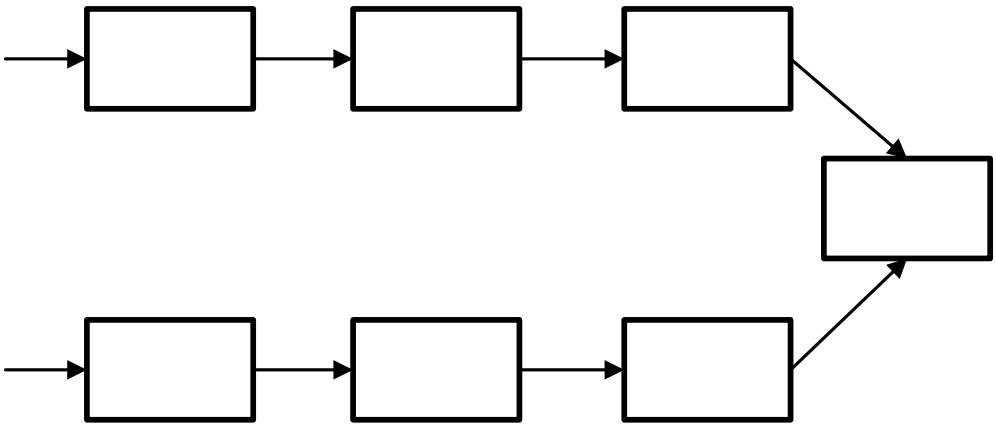


Figura 1 - Exemplo simples de produção

Fonte: adaptado COX III (2002, p.32)

Se indagássemos: Qual é a produção máxima do produto C? A resposta correta seriam duas unidades por hora. Qualquer outra resposta estaria errada. Vamos observar a Figura 1 novamente. Poderiam se montar 20 produtos em uma hora, já que leva apenas três minutos para esta operação. No entanto, o tempo necessário para fabricar os produtos que formam C é muito maior. A primeira operação efetuada em B, a operação 15, leva seis minutos, que corresponde a uma média de 10 unidades por hora. No entanto, todas outras operações exigem mais tempo. As operações 10 e 30 do componente A e a operação 35 do componente B exigem, cada uma, 12 minutos para produzir um item. Parece que estamos nos aproximando da resposta e também da essência do gerenciamento das restrições.

A operação mais lenta neste caso, a operação 20, presente na produção do componente A, determina a saída do sistema como um todo. Esta operação exige 30 minutos para produzir

um único item; como cada produto C necessita um componente A e um componente B, não é possível produzir mais de dois produtos C por hora, apesar de ser possível montar muito mais. Logo a saída ou taxa de produção do centro de trabalho mais lento determina a saída global do sistema, pois ela é a restrição. E é ela que determinará a produtividade e o ganho global do sistema.

Segundo *APICS Dictionary* (1995, p.85) a Teoria das Restrições é uma filosofia de administração desenvolvida pelo Dr. Eliyahu M. Goldratt que pode ser vista como três áreas diferentes, mas inter-relacionadas: logística, indicadores de desempenho e pensamento logístico.

2.2.2. O método Tambor-Pulmão-Corda e os Indicadores

A logística inclui a programação *Drum - Buffer- Rope*, que em português significa Tambor - Pulmão - Corda (TPC). É uma técnica genérica utilizada para gerenciar os recursos a fim de maximizar os ganhos.

Segundo Umble e Srikanth (2001), a maneira TPC de programar a produção parte do pressuposto de que existem apenas alguns poucos Recursos com Restrição de Capacidade (RRC), um outro nome para restrições, que irão impor o índice de produção da fábrica inteira, Tambor. Para garantir que a produção do RCC não seja interrompida por falta de peça, cria-se na frente dele um inventário que o protegerá contra as principais interrupções que possam ocorrer dentro de um intervalo pré-determinado de tempo, Pulmão de Tempo. Com o objetivo de impedir que haja um aumento desnecessário nos níveis de estoque em processo, o material é liberado para a fábrica no mesmo ritmo com que o recurso restritivo o consome, Corda. Mas com uma defasagem no tempo equivalente ao pulmão de tempo estabelecido.

A seguir, serão descritos, com mais detalhes os algoritmos e rotinas do TPC.

a) Tambor – A definição do ritmo viável de produção. A programação da produção pela teoria das restrições visa alinhar o ritmo de todo o fluxo de produção com o ritmo de vendas. Para isso, apenas um recurso ou um centro de trabalho é programado. Se a demanda for maior que a capacidade produtiva, alguns pedidos não serão entregues no prazo, pois o volume de produção do fluxo, como um todo, é determinado pelo recurso de menor capacidade, ou seja, pelo gargalo. Portanto, a seqüência de produção que irá maximizar a entrega de produtos no prazo deve ser definida no gargalo, de acordo com a sua capacidade real. Deste modo, o

recurso com restrição de capacidade deve ser responsável pelo ritmo de todo o fluxo de produção. Ele é o Tambor, numa analogia ao exército que marchava sincronizadamente pelo ritmo de um tambor. Caso a demanda seja menor que a capacidade, o ritmo para o fluxo de produção deve ser dado pela seqüência da expedição.

b) Tempo de Proteção (Pulmão) – Imunização do fluxo contra paradas imprevistas. Nem tudo ocorre conforme o planejamento em uma fábrica. Os pedidos de produção podem atrasar por falta de materiais ou embalagens, erro no sistema de informação, defeito de qualidade, falta de mão-de-obra, etc. Apesar de não se saber o que dará errado, pode-se fazer um levantamento da freqüência e duração das paradas imprevistas durante os últimos meses e programar a liberação de materiais e o recurso com restrição de capacidade com um tempo de proteção dimensionado em função deste levantamento. Existem poucos lugares que devem ser protegidos num sistema cujo fluxo de material é controlado de acordo com os princípios da TOC. Segundo Goldratt (2000), existem somente três tipos de pulmões de tempo. O primeiro resulta da necessidade de se proteger das RRC, evitando-se que seu trabalho seja interrompido. Surge, assim, o Pulmão de Recurso. A origem deste pulmão é a área localizada à frente do RRC e conterá estoques de material em processo. Outro tipo de restrição que deve ser protegida é a restrição de mercado, pois se pretende sempre entregar no prazo. Para isto, necessitar-se-á de um Pulmão de Mercado, ou Expedição, refletido e posicionado nos armazéns de produtos acabados. No entanto, não são apenas as restrições de recurso ou mercado que necessitam de pulmões. Se o intuito é explorar a restrição, deve-se evitar que peças produzidas por um recurso restritivo fiquem esperando, na operação de montagem, por peças provenientes de recursos não restritivos. Estabelece-se, então, o Pulmão de Montagem, que deverá conter apenas peças que passaram por recursos não-restrição.

c) Corda – Limitação controlada do estoque em processo. Para que a proteção de tempo seja formada, o programa da liberação de materiais deve ser subordinado ao programa da restrição e da expedição, sendo que esta “amarração” entre os programas em diferentes pontos do fluxo é feita pela “Corda”. Assim, a seqüência da liberação de materiais respeita a capacidade do RRC e, além disso, é antecipada pela duração dos tempos de proteção.

Segundo Goldratt (2000), deve-se salientar que o método TPC possibilita uma programação implícita de todos os recursos não-restritivos da empresa. Aqueles situados antes do RRC deverão processar o mais rápido possível os materiais advindos da primeira operação (controlados pela Corda), de acordo com a ordem de chegada destes. Uma vez que tais

recursos possuem excesso de capacidade em relação ao RRC, eles não deverão ter dificuldades para seguir o programa. Da mesma forma, os recursos não-restritivos localizados no roteiro de produção após o RRC estarão diretamente sob o controle deste, pois receberão apenas as peças liberadas pelo RRC. Como tais recursos têm folga no programa, não deverá haver nenhum problema também neste ponto. Logo, ordens de produção explícitas são necessárias apenas em alguns pontos específicos, como nos RRCs e nos locais de liberação de material para a fábrica

Segundo Souza (2005), a TOC vem procurando demonstrar e convencer as comunidades acadêmica e empresarial de que sua proposta para programação e controle da produção, com a TPC pode alcançar excelentes resultados práticos. Mesmo quando sua implantação não vem acompanhada por um sistema computacional especializado em programação da produção baseada na capacidade limitada dos recursos, como o OPT. A despeito deste fato, de alta relevância, algumas situações particulares quase impõem o apoio de um sistema computacional. Fábricas muito balanceadas, onde pequenas oscilações no mix de produtos levam as alterações na localização dos recursos gargalos, são exemplos de situações que tornam imperativo os usos de um sistema computacional especialista.

2.2.3. Fundamentos dos Indicadores

Para a TOC, uma das principais condições necessárias à sobrevivência de uma empresa com fins lucrativos é obter dinheiro hoje e sempre, a qual pode ser traduzida como a busca constante pelo controle e melhoria de três indicadores de desempenho, segundo Goldratt e Cox (2000).

Os indicadores de desempenho incluem o ganho, que é o índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas. O inventário que é todo dinheiro investido no sistema em coisas que um dia ele pode vender, ou seja, bens acabados, estoques intermediários e matérias-primas. E despesas operacionais que são todos os gastos necessários para transformar inventário em ganho.

Segundo Goldratt e Cox (2000), aumentar o ganho reduzindo, simultaneamente, o inventário e a despesa operacional deveria ser o objetivo de qualquer empresa. Para isso, ele desenvolveu um algoritmo de cinco etapas que focaliza a identificação e gerenciamento das restrições do sistema. São eles:

1. Identificar a restrição do sistema. Em geral o diagrama do fluxo ajudará a identificar as restrições, mas a principal restrição pode ser o tempo do representante de vendas, o capital disponível para investir, as políticas obrigatórias, como um único turno, ou mesmo a demanda de mercado.

2. Explorar ao máximo a restrição do sistema. Encontrar formas de maximizar o rendimento por unidade de restrição. Um exemplo disso seria utilizar o recurso escasso para produzir um item que dê o máximo de lucro possível.

3. Subordinar todo o resto à política de exploração da restrição. O objetivo aqui é assegurar que a restrição seja sempre produtiva e que outro recurso não limite a utilização da restrição. Por exemplo, talvez seja necessário criar um inventário em frente a uma máquina ou trabalhador que restringem a produção.

4. Elevar a restrição do sistema. Novamente, encontrar uma maneira de tornar a restrição o mais produtiva possível, poupando tempo de restrição utilizando outras máquinas, talvez menos eficientes, mais intensamente, ou até terceirizar um serviço que seja considerado uma restrição, dentro do processo.

5. Voltar ao primeiro passo, evitando que a inércia das políticas atuais se tornem uma restrição.

Uma vez eliminado um gargalo, outro recurso se torna a restrição – talvez em outra máquina ou local de armazenamento, ou mesmo a demanda no mercado. Nesse sentido, a TOC propõe que toda organização, que a esteja implantando, deve seguir os seguintes passos como parte de um processo de melhoria contínua.

2.2.4. Pensamento Lógico da TOC

O terceiro ramo da TOC é a metodologia de solução de problemas, denominada de processos de pensamento. Este ramo é o menos estudado e conhecido pelos gerentes de produção e/ou de operações. O objetivo dos processos de pensamento é solucionar três questões que desafiam os gerentes em geral: O que mudar? Mudar para qual alternativa? E como promover as mudanças?

Por ser uma área pouca explorada e não ser o foco deste trabalho, apenas serão enumerados alguns termos do processo de pensamento da TOC com suas breves descrições.

a) Árvore da realidade atual – Uma ferramenta baseada na lógica que se utiliza de relacionamentos de causa e efeito, entre eles diagramas ECE[1], para determinar problemas raiz que causam os efeitos indesejáveis observados no sistema.

b) Árvore de dispersão de conflito ou dispersão de nuvens – É uma ferramenta baseada na lógica para revelar pressupostos ou suposições relacionados a um conflito ou a um problema. Uma vez revelado o pressuposto, é possível determinar ações para quebrá-lo e, portanto, resolvê-lo (dispersá-lo).

c) Árvore da realidade futura – É uma ferramenta baseada na lógica para construir e testar soluções potenciais antes de sua implementação. Os objetivos são: Desenvolver, expandir e completar a solução e identificar e solucionar ou impedir novos problemas gerados pela implementação da solução.

d) Árvore de pré-requisito – É uma ferramenta baseada na lógica para determinar os obstáculos que bloqueiam a implementação de uma solução ou idéia. Uma vez que se identificam os obstáculos, é possível determinar os objetivos necessários para superá-los.

e) Árvore de transição – É uma ferramenta baseada na lógica para identificar e seqüenciar as ações para alcançar um objetivo. As transições representam os estados ou estágios na mudança da situação presente para o objetivo desejado.

f) Ramo negativo – É uma ferramenta baseada na lógica para construir e testar soluções potenciais antes de sua implementação. Os objetivos são: identificar o impacto de uma ação, determinar qualquer conseqüência negativa causada pela ação e identificar qualquer ação adicional necessária para alcançar os resultados desejados.

Esses são os principais subjacentes que fazem parte da TOC. A Figura 2 apresenta uma representação esquemática dos componentes da TOC.

[1] O elemento principal deste terceiro ramo consiste nos diagramas efeito-causas-efeitos (ECE). A metodologia baseou-se originalmente no método científico de postular uma causa hipotética de um efeito observado e, então, testar a causa pelo levantamento de um segundo efeito que também seja confirmado. Se o segundo efeito é confirmado, então existe evidência que a causa postulada é verdadeira

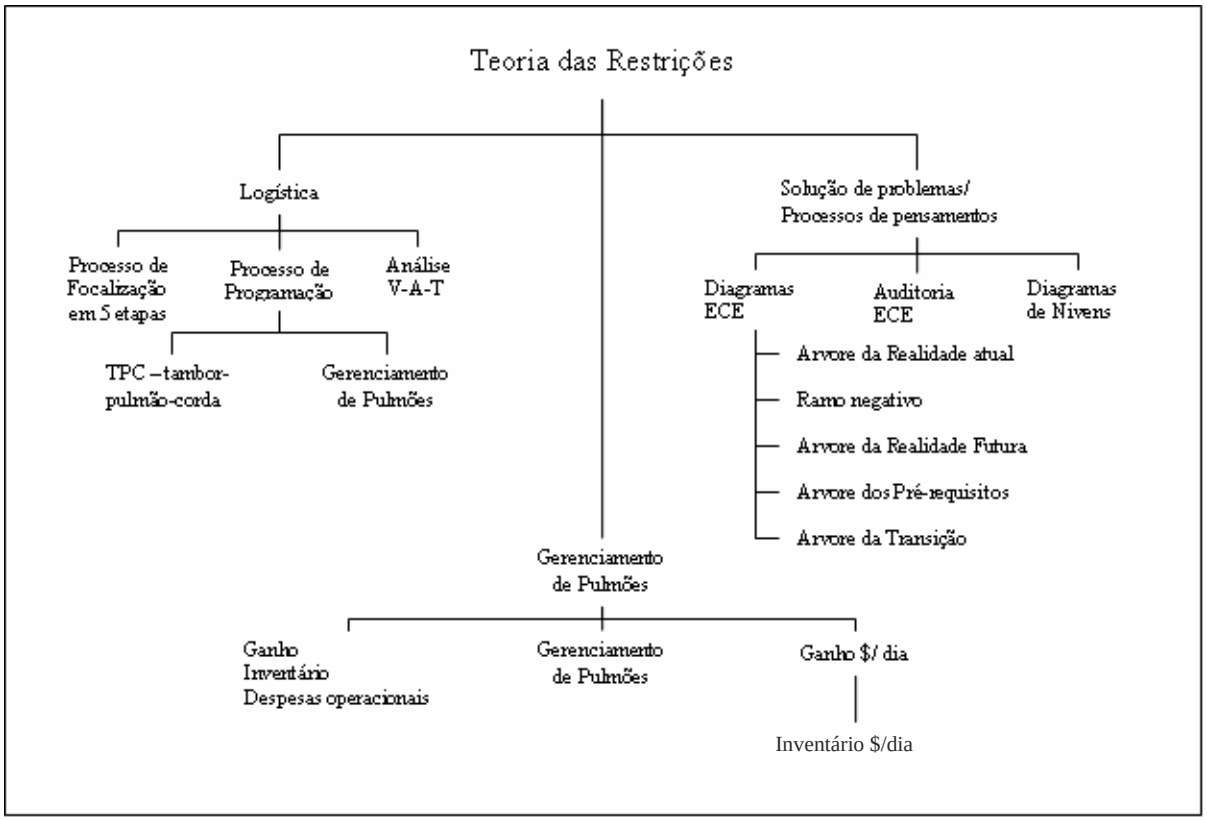


Figura 2 - Gerenciamento de restrições.

Fonte: Adaptado Cox III (2002, p.37)

A TOC, ainda defende que a soma dos ótimos locais não é igual ao ótimo global e estabelece outras noves diretrizes que ajudam na execução do algoritmo. São eles:

I. A fábrica deve balancear fluxos e não capacidades: O objetivo é deslocar o material rápida e tranqüilamente pelo sistema de produção e não balancear capacidade ou utilização de equipamentos ou de recursos humanos.

II. A utilização de um não-gargalo é determinada por outras restrições do sistema: Os recursos não-gargalos não limitam a quantidade de produtos que um sistema de produção pode criar. Portanto, estes recursos devem ser administrados de forma que dêem suporte às operações dos recursos que limitam a quantidade de produtos (isto é, os gargalos). Evidentemente, operar um recurso gargalo não resulta no aumento da quantidade de produtos produzida por todo sistema de produção.

III. Utilização de uma estação de trabalho (produzir quando o material ainda não é necessário) não é o mesmo que ativação: Tradicionalmente, os gerentes não têm feito distinção entre utilizar e ativar um recurso. Porém, segundo a Teoria das Restrições, um recurso só é

considerado ativado se ajudar todo sistema a criar mais produtos do que o resto do sistema, o tempo que essa máquina é operada para produzir acima do que o sistema está produzindo é considerado utilização. Em outras palavras, os recursos devem ser ativados apenas na medida em que incrementarem o fluxo produtivo, ficando parados sempre que atingirem as limitações.

IV. Uma hora perdida em um gargalo é uma hora perdida em todo sistema: Como o recurso gargalo limita a quantidade de produtos que o sistema pode criar como um todo, o tempo que esse recurso não está produzindo é uma perda para todo o sistema. O tempo perdido em um recurso gargalo pode ser conseqüência do tempo parado para manutenção ou do fato do recurso ter sido forçado a trabalhar.

V. Uma hora salva em um recurso não-gargalo é uma miragem: Como os recursos não-gargalos não possuem capacidade plena, não limitam a produção do sistema. Poupar tempo nesse recurso não aumenta a produção total. Para os gerentes isso significa que as melhorias no sentido de poupar tempo para o sistema devem ser dirigidas aos recursos gargalos.

VI. Os gargalos governam tanto o ganho quanto o inventário.

VII. O lote de transferência não precisa ser do mesmo tamanho do lote de processo. O tamanho do lote de processo é o do lote produzido toda vez que uma tarefa é executada. Geralmente esse tamanho é determinado sacrificando-se vários custos. Por outro lado, o tamanho do lote de transferência é o de peças transferidas de um centro de tarefas para outro. Evidentemente, as peças podem ser deslocadas em lotes menores do que os lotes de processo. De fato, podem-se obter reduções significativas nos tempos de atravessamento (*lead time*) utilizando-se um lote de transferência que seja menor do que o lote em processo.

VIII. O tamanho do lote de processo deve ser variável e não fixo. Como as economias de recursos diferentes podem variar o lote de processo não precisa ser do mesmo tamanho em todos os estágios de produção. Por exemplo, imagine um item que é produzido em uma máquina de moldagem por injeção e depois vai para um departamento de corte. Como o tempo e o custo de preparar o equipamento de moldagem por injeção provavelmente serão diferentes do tempo e do custo de preparar um equipamento de corte, não há motivo para

o tamanho do lote ser o mesmo em cada um destes estágios. Portanto, o tamanho do lote em cada estágio deve ser determinado pela economia específica de cada estágio.

IX. A programação da produção deve ser estabelecida observando-se todas as restrições simultaneamente. As programações são tradicionalmente determinadas de forma seqüencial. Primeiro, determina-se o tamanho do lote; depois, calculam-se os tempos de atravessamento e definem-se as prioridades. Por fim, ajustam-se as programações com base nas restrições de capacidade. A Teoria das Restrições defende que se leve em consideração todas as restrições ao mesmo tempo quando se desenvolver uma programação. A teoria também argumenta que os tempos de atravessamento são resultados da programação e, portanto, não podem ser estabelecidos com antecedência.

2.3. Pesquisa Operacional e a Programação Linear

Segundo Prado (1999), a Pesquisa Operacional (PO) é uma ciência administrativa que objetiva fornecer ferramentas quantitativas ao processo de tomada de decisões. Esta é baseada em métodos científicos, conforme afirma Hillier (1988), a Pesquisa Operacional diz respeito à tomada de decisão ótima e à modelagem de sistemas determinísticos e probabilísticos que se originam na vida real. Estas aplicações, as quais ocorrem no governo, negócios, engenharia, economia e ciências naturais e sociais, são amplamente caracterizados pela necessidade de alocar recursos limitados.

A área que estuda a otimização de recursos é denominada Programação Matemática. Nela a quantidade a ser maximizada ou minimizada é descrita como uma função matemática dos recursos (variáveis de decisão) escassos. As relações entre as variáveis são formalizadas através de restrições ao problema expressas como equações e/ou inequações matemáticas. De uma maneira geral, os problemas de Programação Matemática podem ser representados da seguinte forma:

Max ou min: $z = f(x_1, x_2, ..., x_n)$

Sujeito a: $\left.\begin{matrix} g_1(x_1, x_2, ..., x_n) \\ g_2(x_1, x_2, ..., x_n) \\ \vdots \\ g_m(x_1, x_2, ..., x_n) \end{matrix}\right\} \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} \begin{cases} b_1 \\ b \\ \vdots \\ b_m \end{cases}$

Onde:

x_j *- representa as quantidades das variáveis utilizadas; (j = 1,2...n);*

b_j *- representa a quantidade disponível de um determinado recurso; (j = 1,2...m)*

X *– vetor de* x_j *;*

$f(X)$ *- Função-Objetivo;*

$g(X)$ *- Funções utilizadas nas restrições do problema;*

n – número de variáveis de decisão;

m – número de restrições do modelo.

Por ser uma área muito extensa é subdividida em áreas menores dependendo do tipo das funções utilizadas nas funções objetivo e restrições. Entre elas pode-se citar: Programação Linear (PL) e Programação não-Linear (PNL).

A PL é uma ferramenta importante no planejamento e controle empresarial. Pidd (1998) menciona que "a programação linear é um subconjunto da programação matemática que faz parte de um conceito maior chamado otimização de restrições. A idéia principal é que alguma medida de desempenho pode ser otimizada (o que significa maximizar ou minimizar) quando sujeita a algumas restrições conhecidas".

A PL utiliza a matemática para equacionar e resolver problemas que envolvem funções lineares. Hillier (1988) explica que:

> "o adjetivo "linear" significa que é requerido que todas as funções matemáticas neste modelo sejam funções lineares. A palavra "programação" aqui não se refere à programação de computadores; ao contrário, trata-se essencialmente de um sinônimo de planejamento. Assim, a programação linear faz o planejamento de atividades para obter um resultado "ótimo", i.e., um resultado que alcance a melhor meta especificada (de acordo com o modelo matemático) entre as alternativas viáveis".

Portanto, a PL é um instrumento de planejamento, visando a obtenção de resultados otimizados.

Segundo Prado (1999), “A programação linear é uma técnica de otimização. É uma ferramenta utilizada para encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações nas quais temos diversas alternativas de escolha sujeitas a algum tipo de restrição ou regulamentação”.

A Programação Linear é o aprimoramento de uma técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa de um dado comportamento que deva ser otimizado.

2.3.1. A PL e Suas Diretrizes

Por definição, programação linear é um problema de programação matemática em que as funções objetivo e de restrição são lineares. Isto é:

Max ou min $z = f(x_1, x_2, ..., x_n)$

Sujeito a:

$$\left.\begin{matrix} g_1(x_1, x_2, ..., x_n) \\ g_2(x_1, x_2, ..., x_n) \\ \vdots \\ g_m(x_1, x_2, ..., x_n) \end{matrix}\right\} \begin{matrix} \leq \\ \equiv \\ \geq \end{matrix} \left\{\begin{matrix} b_1 \\ b \\ \vdots \\ b_m \end{matrix}\right.$$

Onde:

$f(x_1, x_2, ..., x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n$;

$g_i(x_1, x_2, ..., x_n) = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots + a_{im}x_n$, para i = 1,..., m;

n é o número de variáveis;

m é o número de restrições do problema;

i é o índice de uma determinada restrição.

Dentre as suas áreas de aplicação encontramos:

– Administração da Produção;

– Análise de Investimentos;

- Alocação de recursos limitados;
- Planejamento regional;
- Logística;
- Custo de transporte;
- Localização da rede de distribuição;
- Alocação de recursos em marketing entre diversos meios de comunicação.

É sabido que um problema de programação linear está em sua forma padrão se tivermos uma maximização da função-objetivo e se todas as restrições forem do tipo menor ou igual, bem como termos constantes e variáveis de decisão não-negativas. Matematicamente, podemos representar um problema padrão por:

Maximizar: Z = $c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n$

Sujeito a:

$$
\begin{aligned}
&a_{11}x_1 + a_{11}x_1 + \cdots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\
&a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\
&\vdots \\
&a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \leq b_m \\
&x_1, x_2, \cdots, x_n \geq 0
\end{aligned}
$$

ou na forma reduzida:

Maximizar: Z= $\sum_{j=1}^{n} c_j x_j$

Sujeito a: $\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i$ (i = 1, 2,..., m)

$x_1, x_2, \cdots, x_n \geq 0$

2.3.2. Outras Definições

Solução Viável ou factível: uma solução em que todas as restrições são satisfeitas.

Solução Ótima: uma solução viável que tem o valor mais favorável da função-objetivo, isto é, maximiza ou minimiza a função-objetivo em toda a região viável, podendo ser única ou não.

Todo problema de PL parte de algumas hipóteses que são assumidas quando tentamos resolvê-los:

Proporcionalidade – O valor da função-objetivo é diretamente proporcional ao nível de atividade de cada variável de decisão.

Aditividade – Considera as atividades (variáveis de decisão) do modelo como entidades totalmente independentes, não permitindo que haja interdependência entre as mesmas, isto é, não permitindo a existência de termos cruzados, tanto na função-objetivo como nas restrições.

Divisibilidade – Assume que todas as unidades de atividade possam ser divididas em qualquer nível fracional, isto é, qualquer variável de decisão pode assumir qualquer valor fracionário.

Certeza – Assume que todos os parâmetros do modelo são constantes conhecidas. Em problemas reais, a certeza quase nunca é satisfeita, provocando a necessidade de análise de sensibilidade dos resultados.

2.3.3. Formas de Resolução

Problemas de PL podem ser resolvidos de três maneiras:

Gráfica – Quando o problema envolve apenas duas variáveis de decisão, a solução ótima pode ser encontrada. Já com três variáveis existe a resolução, porém de difícil visualização, uma vez que se utiliza o desenvolvimento de gráficos.

Analítica – Quando o limite de três variáveis é ultrapassado, pode-se utilizar o método analítico, busca pela melhor solução através de várias interações de substituição de variáveis nas equações lineares, um método similar e mais conhecido é a forma tabular, ou Método Simplex.

Utilização de Softwares – Otimizar até o próprio processo de resolução, evitando os cálculos. Hoje no mercado existem vários softwares específicos, entre eles, enumero os 2 dos mais conhecidos: o Solver do Excel e o LINDO da Lindo Systems.

2.4. Modelagem

Lachtermacher (2002) cita que quando os gerentes se vêem diante de uma situação na qual uma decisão deve ser tomada entre uma série de alternativas conflitantes e concorrentes, duas opções básicas se apresentam: usar a sua intuição gerencial e realizar um processo de modelagem da situação ou realizar exaustivas simulações dos mais diversos cenários de maneira a estudar mais profundamente o problema. Nos dias de hoje está ocorrendo o inverso de 20 anos atrás, a grande maioria dos tomadores de decisão está adotando a segunda opção de agir.

2.4.1 Importância do Modelo na Tomada de Decisões

Os modelos forçam os decisores a tornarem explícitos seus objetivos, porque permitem a identificação e o armazenamento das diferentes decisões que afetam a estes. Ainda permitem criar relações entre essas decisões e identificar variáveis a serem incluídas. Conforme o modelo é desenvolvido, os decisores conseguem perceber quais são suas limitações, desta forma levam a comunicação de suas idéias e seu entendimento para facilitar o trabalho em grupo.

Basicamente podemos ter três tipos de modelos:

Modelos físicos, análogos e matemáticos ou simbólicos, sendo este último o único a ser abordado neste trabalho por ser o mais utilizado na modelagem de situações gerenciais.

Modelo Matemático:

Grandezas são representadas por variáveis de decisão, e as relações entre as mesmas por expressões matemáticas, logo necessitam de informações quantificáveis. Vale ressaltar duas características importantes: O modelo sempre será uma simplificação da realidade, por mais que seja aproximado é impossível garantir que todas as variáveis sejam sustentadas por ele. A outra é que os detalhes devem ser incorporados de maneira cuidadosa, para que se os resultados atinjam suas necessidades, sejam consistentes com as informações disponíveis e

seja modelado e analisado no tempo disponível. A Figura 3 representa esse tipo de modelagem.

Figura 3 - Modelo de caixa preta

Fonte: adaptado Lachtermacher (2002, p.7)

Segundo Andrade (2002), um estudo de PL consiste, basicamente, em construir um modelo de um sistema real existente como meio de analisar e compreender o comportamento dessa situação, com o objetivo de levá-lo a apresentar o desempenho que se deseja.

Como já foi discutido, os modelos podem auxiliar na interpretação da realidade que se quer estudar. Desta forma, o modelo é a representação simplificada de algo a partir de um conjunto de pressupostos e variáveis que representam a realidade que se pretende observar. No trabalho em questão, utilizaremos somente modelos matemáticos, através da ferramenta PL.

2.6. Possibilidades do uso da Teoria das Restrições com a Programação Linear

Segundo Menezes (2004), a utilização da Pesquisa Operacional, através da programação linear, aliada aos conceitos da Teoria das Restrições forma uma potente ferramenta de apoio à tomada de decisões na obtenção de melhores resultados na empresa.

A aplicação da TOC, juntamente com a PO, em especial a PL é algo recente, sendo visto em alguns artigos de congressos, encontros e em teses de mestrado e doutorado. Em muitos desses estudos, o objetivo é mostrar como a PL pode ser aplicada à TOC para otimizar múltiplas restrições, ao mesmo tempo que se busca um maior ganho global aplicado.

O uso da TOC e da Programação Linear pode oferecer uma ótima ferramenta de gestão da produção nas indústrias que trabalham com recursos produtivos limitados.

Conforme Oenning (2004), é importante re-enfatizar que a TOC e a PL não são idênticas. TOC é uma filosofia administrativa, enquanto que PL é uma ferramenta.

3. METODOLOGIA

3.1 Apresentação da metodologia

Este trabalho utilizará um caso para analisar a produção em uma indústria de embalagens plásticas. Para isto será utilizado o método do estudo de caso, que pode ser encontrado em Yin (2001).

Segundo Fidel (1992), o método de estudo de caso é um método específico de pesquisa de campo. Estudos de campo são investigações de fenômenos à medida que ocorrem, sem qualquer interferência significativa do pesquisador. Seu objetivo é compreender o evento em estudo e ao mesmo tempo desenvolver teorias mais genéricas a respeito dos aspectos característicos do fenômeno observado.

O método do estudo de caso proposto foi dividido em quatro passos para a elaboração da pesquisa. A seguir são explicados os passos:

Passo 1 – Estruturação do Estudo de Caso

Para a estruturação do estudo de caso foram adotadas as seguintes etapas de trabalho.

- Visita e análise da empresa em estudo;
- Entrevistas informais com os gestores da empresa;
- Coleta de dados e informações.

Passo 2 – Elaboração do modelo de maximização de mix de produção

O modelo de otimização do *mix* de produção foi elaborado seguindo as técnicas da Programação Linear. Para sua resolução foram utilizados softwares específicos como o Lindo, GAMS e Solver do Excel.

Passo 3 – Comparação do modelo de decisão atualmente existente na empresa e o modelo proposto.

Utilizando-se dos resultados encontrados e a base analítica desenvolvida no passo 3, será comparado i) a produção real da empresa; ii) adoção do *mix* otimizado. A partir desta comparação, serão desenvolvidas as conclusões da presente pesquisa.

Passo 4 – Desenvolvimento de gerenciamento analítico segundo a TOC e os resultados do modelo matemático.

Os resultados obtidos apresentam-se no próximo capítulo. Discussões e análise foram feitas, tomando como base no gerenciamento proposto pela TOC e o método de trabalho proposto por Balakrishnan (2006)

3.2 Apresentação do Estudo de Caso

A empresa, foco deste estudo, produz embalagens plásticas e está instalada na Região de Maringá - PR, atuando por mais de 5 anos no mercado, sempre prezando pela qualidade dos seus produtos e satisfação dos seus clientes.

Esta empresa possui total conhecimento de processos de sopro e injeção, os quais transformam resinas plásticas (Polietileno, Polipropileno, PVC, Pet, etc) em frascos e tampas.

Todas as vendas são feitas no atacado e as embalagens destinam-se ao consumo por indústrias que fabricam alimentos, cosméticos, produtos de limpeza, produtos químicos além de revendedores de material médico-hospitalar. A empresa é considerada de médio porte, apresentando um mix de produtos contendo 400 itens e trabalhando com um quadro atual de 100 funcionários, alocados em 3 turnos diários.

Como alvos de estudo, foram escolhidos os produtos que compunham o *mix* de produção no setor de sopro da empresa, durante o mês de agosto de 2006. A figura 4 apresenta o *layout* deste setor.

Figura 4 - Foto do Setor de Sopro da empresa

Até o momento deste estudo, a empresa baseava seus custos de produção na quantidade de matéria-prima (MP) e mão-de-obra direta (MOD), os custos indiretos eram rateados pela quantidade de hora-mês da mão-de-obra direta na produção.

Anterior a este estudo, realizou-se um trabalho de alocação de custos, para identificação da margem de contribuição de apenas alguns produtos. Durante este trabalho foram criadas células de produção que passaram a contemplar valores rateados de Mão-de-Obra Indireta (MOI) e custo de máquinas (depreciação manutenção e gastos energéticos). Estendeu-se este trabalho a todos os produtos da empresa e seus dados servirão de base para este estudo de caso.

A Tabela 1 apresenta como exemplo, os custos para se produzir uma unidade do Agro-químico[2] bem como a produção de mil do mesmo. Todas as variáveis que compõe o custo de produção desse frasco estão presentes em todos os outros frascos também, alterando uma ou outra. Para efeito de estudo, os valores apresentados foram convertidos para uma outra unidade monetária, denominada de Unidade Fictícia, cujo símbolo é UF$. Esta unidade é uma grandeza não-absoluta e possui uma taxa de conversão direta com a moeda local. A mesma será utilizada no decorrer do trabalho, quando se tratar de novas análises financeiras.

[2] O Frasco agro-químico compõe um dos produtos do *mix* de produção estudado.

Tabela 1 Custo por Unitário e por Milheiro do frasco agro-químico

Quant.	*UN.*	*Componentes/Matéria Prima*	*Custo Unit.*	*Custo Padrão*	*% Custo*
5,1280	H	CÉLULA SOPRADORA 001	18,5631	95,1916	23,85%
17,8571	MT	FITA ADESIVA	0,0315	0,5625	0,14%
17,8571	CX	CAIXA DE PAPELÃO RECUPERADA	0,1900	3,3928	0,85%
17,8571	UN	ETIQUETA DE RASTREABILIDADE	0,0050	0,0893	0,02%
90,6863	KG	POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE	3,7400	268,1668	67,71%
1,8137	KG	MASTER BRANCO (ALIMENTÍCIO)	7,1280	12,9280	3.24%
5,1280	H	MÃO DE OBRA DIRETA DE PRODUÇÃO	4,4600	22,8710	5,73%
			CUSTO (UF$)	**399,12**	**100,00%**

3.2.1 Modelo Matemático

De acordo com TOC, diferentes produtos não possuem custos individuais, mas sim ganhos individuais. O ganho é resultado da diferença entre o preço de venda do produto e os gastos diretos e totalmente variáveis relacionados ao mesmo. Para que uma empresa obtenha lucro, o somatório dos ganhos individuais dos produtos multiplicado por suas quantidades vendidas precisa ser maior que os custos fixos e/ou indiretos incorridos na produção deste.

Partindo deste pressuposto foi desenvolvido o seguinte modelo matemático:

$$Lucro\ líquido = Max \sum_{i=1}^{m} Qi \cdot (Vi - Ci) - CF$$

Sujeito a:

Vi – Preço de venda de cada produto.

Ci – Custo de produção de cada produto. É uma constante para cada produto baseada no estudo de alocação de custos.

CF – Custos fixos da empresa no período estudado.

Qi – Variável que se deseja encontrar, correspondem ao quanto deve ser produzido do produto i.

m – Número total de produtos no período estudado.

Segundo Balakrishnan (2006), o algoritmo da TOC deve ser executado, simultaneamente para todas as restrições, várias vezes. Dessa maneira, estaremos prevenindo que no passo 4 sejam elevadas as restrições erradas. O modelo desenvolvido prevê a otimização de todos os produtos ao mesmo tempo, entretanto temos que embalagens são produzidas em células, numeradas de 1 a 12 somente no setor de sopro da empresa.

Análise dos Processos e RRCs

No setor de sopro, cada célula é formada diretamente pelas seguintes máquinas: 1 Sopradora da marca BEKUM HBD, 1 Testador de Furos e um ou dois operários (MOD). além utilizar outros recursos como Moinhos Grandes, Equipamentos de Suporte a Produção e MOI, os quais os gastos são divididos por todas as células de produção.

A alimentação das máquinas é feita constantemente e a armazenagem dos produtos não permite que seja acumulado mais de 1 palete para cada produto. Nesta análise, não se observou atrasos antes do Processo de Sopro e nem após as Embalagens.

A capacidade mensal de cada célula pode ser determinada com base na média de dias produtivos por mês, adotando como base o ano de 2006, considerando uma média de 20 dias/mês. Logo, tem-se a capacidade das células dada pelo cálculo:

Capacidade = 20 dias x 24 h/dias x 60 min/h x 60 seg/min = 1.728.000 seg/mês.

No entanto, no estudo foi considerada a quantidade de dias trabalhados no mês de agosto, que corresponde a 23,5 dias/mês. Sendo assim:

Capacidade = 23,5 dias x 24 h/dias x 60 min/h x 60 seg/min = 2.030.400 seg/mês.

Segundo a gerência da empresa, os pedidos de produção para o mês de agosto/2006 correspondem a 48 diferentes produtos. Desses, somente 4 podem ser “batidos” em 2 células. Isso porque os processos da empresa são estruturados de forma que cada célula trabalha com um tipo de matéria-prima para evitar que haja muitas variações atuando no mesmo.

A Figura 5 traz os fluxos na empresa, desde a chegada do produto até o aguarde para expedição.

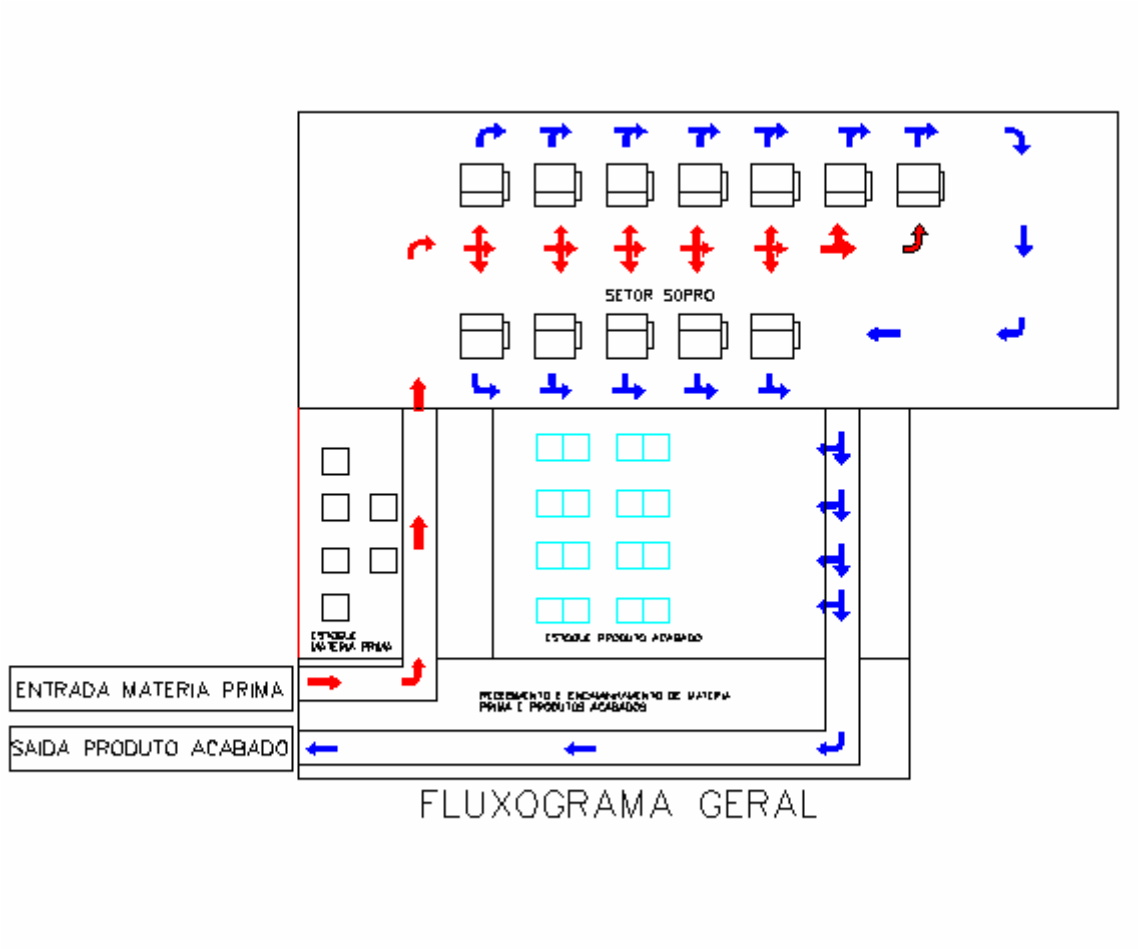


Figura 5 - Fluxos da Empresa

Na Figura 6 são apresentados os fluxos para apenas um produto, alocado em uma única célula produtiva.

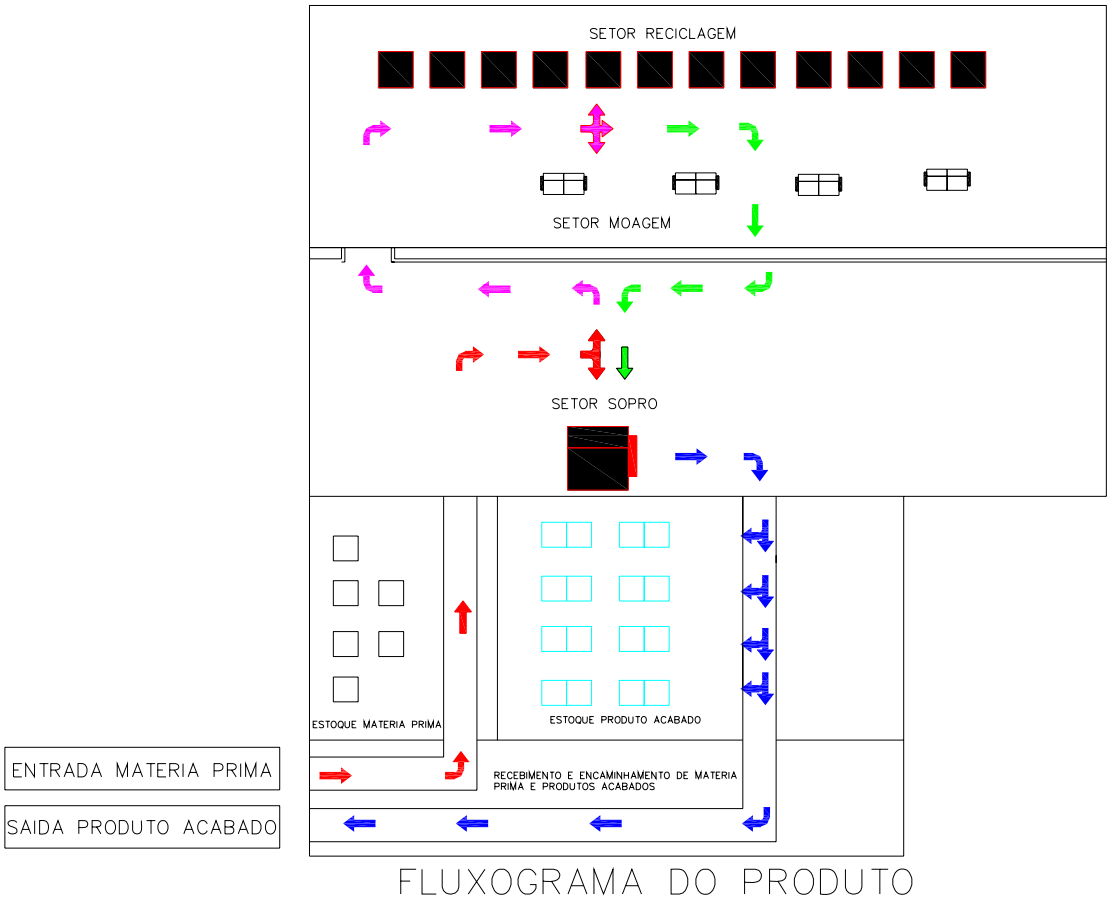


Figura 6 - Fluxos para 1 produto

Com base nessas 2 figuras pode se entender e gerar um fluxograma geral para todos os produtos no setor de sopro estudados. O Diagrama 1, abaixo traz essa representação genérica.

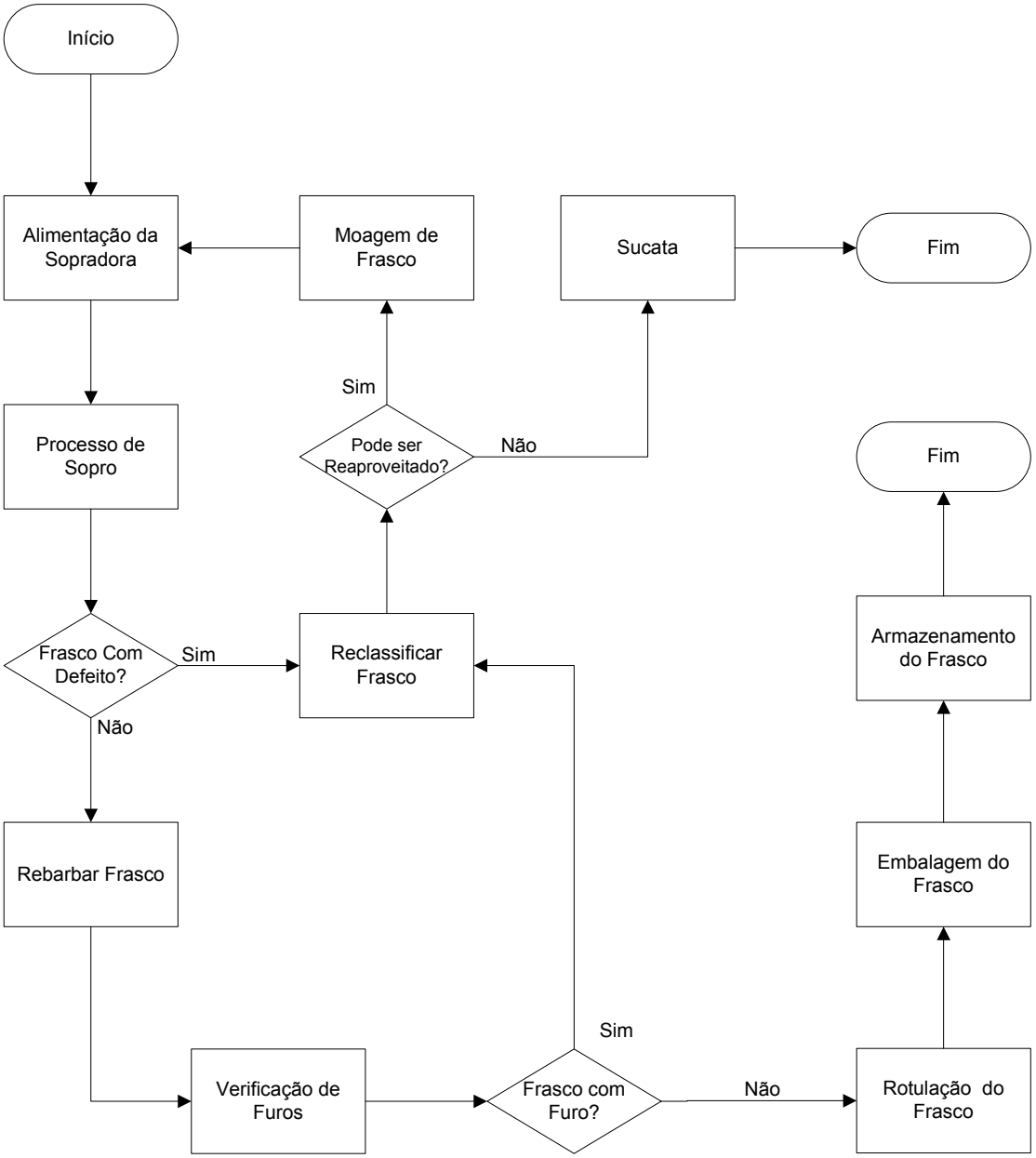


Diagrama 1 - Fluxograma Geral Processo de Sopro para cada Frasco

Após a análise do processo, observou-se que na produção de todos os frascos os tempos maiores estavam localizados no trecho direto do Processo de Sopro até a Embalagem do Frasco, como mostra a figura 7.

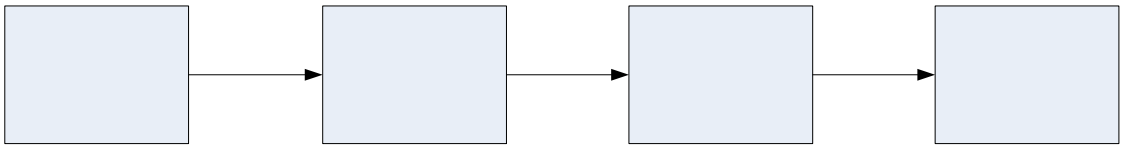


Figura 7 - Trecho Crítico

Sendo assim, o modelo deve ser otimizado segundo a soma dos ganhos com a fabricação dos 48 diferentes produtos, sendo que essas produções ficam restritas as capacidades de suas células em atender as demandas para cada item. Logo temos:

$$Lucro\ líquido = Max\sum_{i=1}^{52} Qi \cdot (\ Vi - Ci\ ) - CF$$

RRC 1: $$\frac{Tc_1}{n_1}\cdot Q_1 + \frac{Tc_2}{n_2}\cdot Q_2 + \frac{Tc_3}{n_3}\cdot Q_3 + \frac{Tc_4}{n_4}\cdot Q_4 + \frac{Tc_5}{n_5}\cdot Q_5 + \frac{Tc_6}{n_6}\cdot Q_6 \le T_{total} - T_{set-up-msq1}\ ;$$

$$D_1 \le Q_1 \le P_1;\ D_2 \le Q_2 \le P_2;\ D_3 \le Q_3 \le P_3;\ D_4 \le Q_4 \le P_4;\ D_5 \le Q_5 \le P_5;\ D_6 \le Q_6 \le P_6\ ;$$

RRC 2: $$\frac{Tc_7}{n_7}\cdot Q_7 + \cdots + \frac{Tc_{21}}{n_{21}}\cdot Q_{21} \le T_{total} - T_{set-up-maq2}\ ;$$

$$D_7 \le Q_7 \le P_7;\cdots;\ D_{21} \le Q_{21} \le P_{21};$$

RRC 3: $$\frac{Tc_{22}}{n_{22}}\cdot Q_{22} + \cdots + \frac{Tc_{26}}{n_{26}}\cdot Q_{26} \le T_{total} - T_{set-up-maq3}\ ;$$

$$D_{22} \le Q_{22} \le P_{22};\cdots;\ D_{26} \le Q_{26} \le P_{26}\ ;$$

RRC 4: $$\frac{Tc_{27}}{n_{27}}\cdot Q_{27} + \cdots + \frac{Tc_{30}}{n_{30}}\cdot Q_{30} \le T_{total} - T_{set-up-maq4}\ ;$$

$$D_{27} \le Q_{27} \le P_{27};\cdots;\ D_{29} \le Q_{29} + Q_{32} \le P_{29}\ ;\ D_{30} \le Q_{30} \le P_{30}\cdots;$$

RRC 5: $$\frac{Tc_{31}}{n_{31}}\cdot Q_{31} + \cdots + \frac{Tc_{34}}{n_{34}}\cdot Q_{34} \le T_{total} - T_{set-up-maq5}\ ;$$

$$D_{30} \le Q_{30} \le P_{30};\cdots;\ D_{32} \le Q_{29} + Q_{32} \le P_{32};\cdots;D_{34} \le Q_{34} \le P_{34}\ ;$$

RRC 6: $$\frac{Tc_{35}}{n_{35}}\cdot Q_{35} + \frac{Tc_{36}}{n_{36}}\cdot Q_{36} \le T_{total} - T_{set-up-maq6}\ ;$$

$$D_{35} \le Q_{35} \le P_{35};\ D_{36} \le Q_{36} \le P_{36}\ ;$$

RRC 7: $\frac{Tc_{37}}{n_{37}} \cdot Q_{35} + \cdots + \frac{Tc_{42}}{n_{42}} \cdot Q_{42} \leq T_{total} - T_{set-up-maq7}$;

$D_{37} \leq Q_{37} + Q_{48} \leq P_{37}$; $D_{38} \leq Q_{38} + Q_{49} \leq P_{38}$; $D_{39} \leq Q_{39} \leq P_{39}$; $D_{40} \leq Q_{40} + Q_{50} \leq P_{40}$;$\cdots$;
$D_{42} \leq Q_{42} \leq P_{42}$;

RRC 8: $\frac{Tc_{43}}{n_{43}} \cdot Q_{43} \leq T_{Tital} - T_{set-up8}$

$D_{43} \leq Q_{43} \leq P_{43}$;

RRC 9: $\frac{Tc_{44}}{n_{44}} \cdot Q_{44} \leq T_{Tital} - T_{set-up9}$

$D_{44} \leq Q_{44} \leq P_{44}$;

RRC 10: $\frac{Tc_{45}}{n_{45}} \cdot Q_{45} + \cdots + \frac{Tc_{47}}{n_{47}} \cdot Q_{47} \leq T_{total} - T_{set-up-maq10}$;

$D_{45} \leq Q_{45} \leq P_{45}$;$\cdots$; $D_{47} \leq Q_{47} \leq P_{47}$;

RRC 11: $\frac{Tc_{45}}{n_{45}} \cdot Q_{45} + \cdots + \frac{Tc_{47}}{n_{47}} \cdot Q_{47} \leq T_{total} - T_{set-up-maq11}$;

$D_{48} \leq Q_{37} + Q_{48} \leq P_{48}$; $D_{49} \leq Q_{38} + Q_{49} \leq P_{49}$; $D_{50} \leq Q_{40} + Q_{50} \leq P_{50}$; $D_{51} \leq Q_{51} \leq P_{51}$;

RRC 12: $\frac{Tc_{52}}{n_{52}} \cdot Q_{52} \leq T_{Total} - T_{set-up-maq12}$;

$D_{52} \leq Q_{52} \leq P_{52}$.

Onde:

As variáveis Q29 e Q32 correspondem ao mesmo produto, o mesmo acontece com Q37 e Q48; Q38 e Q49; Q40 e Q50. São os únicos produtos que podem ser fabricados em mais de uma célula.

$n_1, \cdots n_{52}$ – Quantidade de cavidades que possui o molde de cada produto. É uma constante e indica quantos frascos são feitos do produto em cada ciclo.

$Tc_1, \cdots Tc_{52}$ – São os tempos de ciclo para cada produto É uma constante para cada produto.

$P_1, \cdots, P_{52}$ – Pedido de cada produto a empresa. Corresponde a quantidade máxima a se produzir de cada produto. É uma constante para cada produto. Sendo que P29 é igual a P32, o mesmo acontece para P37 e P48; P38 e P49; P40 e P50.

$D_1, \cdots, D_{52}$ – Demanda de cada produto. Corresponde a quantidade mínima que a empresa deve produzir de cada produto no mês. É uma constante para cada produto. Sendo que D29 é igual a D32, o mesmo acontece para D37 e D48; D38 e D49; D40 e D50.

T_{Total} – Tempo total disponível em cada RRC segundo dias trabalhados no mês.

T_{set-up} – Tempo de Set-up, em cada RRC, é uma constante e seu valor é associado a cada célula segundo dados coletados com o departamento de produção.

$$Q = \frac{n_{cavidades} \cdot T_{produção}}{Tc} \Rightarrow T_{produção} = \frac{Tc \cdot Q}{n_{cavidades}} \ .$$

3.3 Apresentação dos dados

A correta coleta dos dados é fundamental para a resolução do problema e análise dos resultados.

Entre algumas análises de tempos realizadas, buscou-se confrontar os dados coletados com os que a gerência possuía, realizando correções para que fosse possível chegar ao cenário mais próximo da realidade encontrada. A seguir são apresentadas algumas tabelas com informações utilizadas no modelo matemático.

A Tabela 2 apresenta os coeficientes empregados na função objetivo do modelo.

Tabela 2 Valores empregados na Função Objetivo

		Produtos	Tc (s)	n	Tc/n	Tempo de *Set Up* Acumulativo (s)
RRC 1	Q1	Frasco 1	14,5	2	7,25	4.800

	Q2	Frasco 2	18	2	9	9600
	Q3	Frasco 3	16	4	4	14400
	Q4	Frasco 4	19,5	4	4,875	19200
	Q5	Frasco 5	16,5	4	4,125	24000
	Q6	Frasco 6	15	2	7,5	**28800**
RRC 2	**Q7**	Frasco 7	14	2	7	4800
	Q8	Frasco 8	14	2	7	9600
	Q9	Frasco 9	16	1	16	14400
	Q10	Frasco 10	16	1	16	19200
	Q11	Frasco 11	16	1	16	24000
	Q12	Frasco 12	15,8	2	7,9	28800
	Q13	Frasco 13	15,8	2	7,9	33600
	Q14	Frasco 14	13	2	6,5	38400
	Q15	Frasco 15	20,5	1	20,5	43200
	Q16	Frasco 16	13	2	6,5	48000
	Q17	Frasco 17	13	2	6,5	52800
	Q18	Frasco 18	13	2	6,5	57600
	Q19	Frasco 19	13	2	6,5	62400
	Q20	Frasco 20	13	2	6,5	67200
	Q21	Frasco 21	13	2	6,5	**72000**
RRC 3	**Q22**	Frasco 22	29,5	2	14,75	4800
	Q23	Frasco 23	22	2	11	9600
	Q24	Frasco 24	22	2	11	14400
	Q25	Frasco 25	23	1	23	19200
	Q26	Frasco 26	17,5	1	17,5	**24000**
RRC 4	**Q27**	Frasco 27	16	4	4	4800
	Q28	Frasco 28	16,5	2	8,25	9600
	Q29	Frasco 29	11	2	5,5	14400
	Q30	Frasco 30	11	2	5,5	**19200**
RRC 5	**Q31**	Frasco 31	10,5	1	10,5	4800
	Q32	Frasco 29	11	2	5,5	9600
	Q33	Frasco 32	14,2	2	7,1	14400
	Q34	Frasco 33	14,5	2	7,25	**19200**
	Q35	Frasco 34	20	2	10	4800
RRC 6	**Q36**	Frasco 35	20	2	10	**9600**
RRC 7	**Q37**	Frasco 36	27	4	6,75	4800
	Q38	Frasco 37	27	4	6,75	9600
	Q39	Frasco 38	27	4	6,75	14400
	Q40	Frasco 39	27	4	6,75	19200
	Q41	Frasco 40	27	4	6,75	24000
	Q42	Frasco 41	27	4	6,75	**28800**
RRC 8	**Q43**	Frasco 42	7,2	2	3,6	**4800**
RRC 9	**Q44**	Frasco 43	7,2	2	3,6	**4800**
	Q45	Frasco 44	48	1	48	4800
	Q46	Frasco 45	48	1	48	9600
RRC 10	**Q47**	Frasco 46	21	1	21	**14400**
RRC 11	**Q48**	Frasco 36	27	4	6,75	4800
	Q49	Frasco 37	27	4	6,75	9600
	Q50	Frasco 39	27	4	6,75	14400
	Q51	Frasco 47	27	4	6,75	**19200**
RRC 12	**Q52**	Frasco 48	13	2	6,5	**4800**

Na Tabela 3 são apresentados valores empregados nas restrições do modelo.

Tabela 3 Valores utilizado nas restrições do Modelo

		Gastos por milheiro (UF$)	Preço de venda milheiro (UF$)	Vendas - Gastos (UF$)
RRC 1	Q1	139,67	351,12	211,45
	Q2	209,62	342,00	132,38
	Q3	170,41	526,68	356,27
	Q4	226,92	526,68	299,76
	Q5	38,98	282,72	243,74
	Q6	190,45	305,52	115,07
RRC 2	Q7	448,19	718,20	270,01
	Q8	172,02	250,80	78,78
	Q9	355,35	815,10	459,75
	Q10	324,21	815,10	490,89
	Q11	324,21	815,10	490,89
	Q12	195,73	524,40	328,67
	Q13	195,81	524,40	328,59
	Q14	140,75	302,10	161,35
	Q15	495,73	1.197,00	701,27
	Q16	241,80	313,50	71,70
	Q17	240,51	313,50	72,99
	Q18	241,43	313,50	72,07
	Q19	145,74	313,50	167,76
	Q20	238,83	313,50	74,67
	Q21	238,91	313,50	74,59
RRC 3	Q22	300,00	359,10	59,10
	Q23	228,29	359,10	130,81
	Q24	246,96	359,10	112,14
	Q25	341,88	741,00	399,12
	Q26	110,20	146,83	36,63
RRC 4	Q27	86,29	146,83	60,54
	Q28	194,72	289,33	94,61
	Q29	44,88	267,90	223,02
	Q30	45,32	338,58	293,26
RRC 5	Q31	202,79	338,58	135,79
	Q32	44,88	404,70	359,82
	Q33	183,92	404,70	220,78
	Q34	64,14	125,40	61,26
RRC 6	Q35	149,51	798,00	648,49
	Q36	144,70	444,60	299,90
RRC 7	Q37	262,32	444,60	182,28
	Q38	277,52	444,60	167,08
	Q39	276,07	444,60	168,53
	Q40	272,29	444,60	172,31
	Q41	282,18	444,60	162,42
	Q42	357,85	410,40	52,55
RRC 8	Q43	36,54	51,30	14,76
RRC 9	Q44	202,97	285,00	82,03
RRC 10	Q45	1.711,23	2.863,68	1.152,45
	Q46	700,00	798,00	98,00
	Q47	400,00	444,60	44,60
RRC 11	Q48	262,32	444,60	182,28
	Q49	277,52	444,60	167,08
	Q50	272,29	444,60	172,31
	Q51	120,00	145,92	25,92
RRC 12	Q52	101,61	145,92	44,31

3.4 Breve abordagem sobre algumas Ferramentas de Simulação

Problemas reais são resolvidos no computador, utilizando softwares que forneçam informações precisas e rápidas para tomada de decisão. Existem, atualmente, centenas de pacotes para PL, todos eles se baseiam no Método Simplex ou Método Simplex revisado, desenvolvido por George Dantzig em 1947. A seguir, algumas informações sobre os softwares utilizados no estudo de caso.

3.3.1 A Ferramenta LINDO

Como descrito no site do distribuidor, tem uma interface simples, facilitando sua utilização até para os mais leigos. É um software específico para resolução de problemas que envolvam PL. Uma versão educacional limitada pode ser obtida gratuitamente na página da Lindo System (http://www.lindo.com).

3.3.2 A Ferramenta Excel

Planilhas eletrônicas são as preferidas entre as ferramentas, porque além da facilidade de utilizar, estão presentes em praticamente todos os microcomputadores pessoais. Entre as planilhas, destaca-se o Excel da Microsoft. Com o *Solver* que acompanha o Software. O *Solver* é recomendado para problemas de PL, entretanto pode ser utilizado para alguns problemas de PNL.

3.3.3 A Ferramenta GAMS

É uma sigla para *General Algebric Modeling System,* que em português significa sistema simples de modelagem algébrica simples, em programação significa a utilização de linguagem de alto nível. Foi desenvolvido para resolução de problemas de programação matemática. Possui uma extensa biblioteca de simulação, com modelos de problemas que auxilia o usuário.

4. Resultados e Discussões

A simulação do modelo foi realizada, primeiro, no *Solver* do Excel. No apêndice A podem ser encontrados mais detalhes sobre a disposição dos dados em planilha. Chegou-se ao melhor resultado que o programa pode fornecer.

Em seguida os mesmos dados foram inseridos no software Lindo, versão 6.1, seguindo a estruturação do programa. Também, chegou-se ao melhor resultado considerado pelo programa. Maiores detalhes sobre a estruturação do problema no Lindo podem ser consultados no apêndice B. O relatório do programa com a solução é encontrado no anexo A.

Por último, utilizou-se o GAMS. Entre as três ferramentas, esta é a que possui uma estruturação de problemas com uma visualização mais amigável. O problema também encontrou a melhor solução. No apêndice C está a estruturação dos dados no programa e no anexo B o relatório do programa com a solução encontrada e o valor para cada variável.

4.1 Análise dos Resultados

A Tabela 4 apresenta uma comparação entre os resultados alcançados pelos 3 softwares utilizados, para cada variável.

Tabela 4 Resultado Solver, Lindo e GAMS

		Solver Excel	Lindo	GAMS
RRC 1	Q1	25000	25000	25000
	Q2	28786	28786	28786
	Q3	71365	71365	71365
	Q4	92001	92001	92001
	Q5	25000	25000	25000
	Q6	96558	96558	96558
RRC 2	Q7	4400	4400	4400
	Q8	21000	21000	21000
	Q9	21600	21600	21600
	Q10	16500	16500	16500
	Q11	11000	11000	11000
	Q12	7676	7676	7676
	Q13	7700	7700	7700
	Q14	36000	36000	36000
	Q15	10000	10000	10000
	Q16	18700	18700	18700
	Q17	10450	10450	10450
	Q18	11000	11000	11000
	Q19	10200	10200	10200
	Q20	11000	11000	11000
	Q21	5500	5500	5500
RRC 3	Q22	29750	29750	29750
	Q23	99283	99283	99283
	Q24	33066	33067	33067
	Q25	4000	4000	4000
	Q26	1600	1600	1600
RRC 4	Q27	484546	484546	484546
	Q28	24000	24000	24000
	Q29	0	0	0
	Q30	70000	70000	70000
RRC 5	Q31	36000	36000	36000
	Q32	90000	90000	90000
	Q33	68408	68408	68408
	Q34	90000	90000	90000
RRC 6	Q35	178080	178080	178080
	Q36	24000	24000	24000
RRC 7	Q37	0	5965	182599
	Q38	5989	0	0
	Q39	44586	44586	44586
	Q40	179838	179838	0
	Q41	61174	61174	61174
	Q42	106286	106286	106290
RRC 8	Q43	562666	562666	562666
RRC 9	Q44	60000	60000	60000
RRC 10	Q45	1000	1000	1000
	Q46	1000	1000	1000
	Q47	20000	20000	20000
RRC 11	Q48	182604	17	17665
	Q49	67350	73340	73340
	Q50	0	0	179840
	Q51	139386	139386	139390
RRC 12	Q52	337600	337600	337600
Função Objetivo Z:		465409,23	472604,60	472604,60

A simulação do modelo em três softwares distintos foi importante para averiguação da melhor resposta encontrada. Como 2 dos programas chegaram à mesma resposta para a função objetivo. Temos a possibilidade de ter encontrado a melhor resposta entre as soluções.

A Tabela 5 traz o tempo de utilização de cada restrição, encontrada pelos programas:

Tabela 5 Utilização dos recursos

Descrição	Solver Excel	Lindo	GAMS	Tempo Total Disponível
RRC 1	100,00%	100,00%	100,00%	2001600
RRC 2	100,00%	100,00%	100,00%	1958400
RRC 3	100,00%	100,00%	100,00%	2006400
RRC 4	100,00%	100,00%	100,00%	2011200
RRC 5	100,00%	100,00%	100,00%	2011200
RRC 6	100,00%	100,00%	100,00%	2020800
RRC 7	100,00%	100,00%	100,00%	2001600
RRC 8	100,00%	100,00%	100,00%	2025600
RRC 9	10,66%	10,66%	10,66%	2025600
RRC 10	25,60%	25,60%	25,60%	2016000
RRC 11	100,00%	100,00%	100,00%	2011200
RRC 12	100,00%	100,00%	100,00%	2025600

As únicas divergências foram entre os mesmo produtos que podem ser “batidos” em mais de 2 máquinas.

A Tabela 6 traz a melhor solução encontrada, fazendo uma comparação com o mínimo exigido pela diretoria, ou seja, a demanda do mês, a quantidade máxima do pedido, a produção real da empresa no período estudado e o melhor resultado encontrado.

Tabela 6 Comparação entre a Produção Real e a Produção Simulada

	Demanda	Produção Real	Produção Simulada	Pedido
Produto 1	25000	0	25000	100000
Produto 2	28786	0	28786	143930
Produto 3	71050	57230	71365	203000
Produto 4	92001	78587	92001	262860
Produto 5	25000	111108	25000	25000
Produto 6	96558	67200	96558	321860
Produto 7	4400	0	4400	8800
Produto 8	21000	0	21000	70000
Produto 9	21600	9572	21600	27000
Produto 10	16500	5692	16500	16500
Produto 11	11000	5458	11000	11000
Produto 12	6050	5880	7676	11000
Produto 13	7700	5292	7700	11000
Produto 14	36000	30460	36000	90000
Produto 15	10000	5555	10000	10000
Produto 16	18700	17625	18700	34000
Produto 17	10450	10394	10450	11000
Produto 18	11000	11985	11000	11000
Produto 19	10200	9639	10200	17000
Produto 20	11000	11280	11000	11000
Produto 21	5500	5640	5500	5500
Produto 22	29750	26976	29750	85000
Produto 23	96050	67188	99283	480252
Produto 24	33067	33235	33067	87018
Produto 25	4000	4036	4000	4000
Produto 26	1600	0	1600	8000
Produto 27	220186	177692	484546	550465
Produto 28	24000	15456	24000	60000
Produto 29	85500	52136	90000	90000
Produto 30	35000	25548	70000	70000
Produto 31	36000	30335	36000	90000
Produto 32	39765	0	68408	113615
Produto 33	90000	52121	90000	150000
Produto 34	160000	59945	178080	400000
Produto 35	24000	107079	24000	60000
Produto 36	54781	0	182590	182604
Produto 37	29336	43260	73340	73340
Produto 38	17834	26129	44586	44586
Produto 39	116895	97414	179840	179838
Produto 40	21411	21439	61174	61174
Produto 41	42514	22823	106290	106286
Produto 42	450800	469537	562666	1803200
Produto 43	18000	31162	60000	60000
Produto 44	550	1100	1000	1000
Produto 45	1000	1021	1000	1000
Produto 46	20000	9985	20000	20000
Produto 47	87586	56535	139390	145976
Produto 48	160880	115217	337600	804398
	Ganho (UF$):	255.953,25	472.604,60	

A solução encontrada prevê o atendimento de 17 pedidos, sendo que apenas 10 pedidos tinham urgência e necessitavam ser entregues, integralmente, no final do período estudado.

Outra análise é a diferença de ganho superior a 45% quando comparamos valores entre a otimização encontrada e o *mix* de produção no período

Uma comparação mais próxima da realidade seria a comparação entre a otimização encontrada, levando-se em consideração a porcentagem média de rejeições por produtos que a empresa possui. Durante a coleta de dados foi constatado que existe uma considerável taxa de rejeição entre os produtos estudados. Por ser um processo "limpo", a maioria dos frascos rejeitados são moídos e transformados em insumos, novamente, realimentando as células de origem. Sendo assim as perdas são mínimas.

Na Tabela 7 podemos ver comparações entre o pior e melhor cenário simulado com a quantidade produzida na empresa, no período estudado.

Tabela 7 Diferenças de rentabilidade

Descrição	Produzido	Otimização Pior Cenário	Otimização Melhor cenário
Volumes Totais de Produção	1.995.966 unid.	2.951.187 unid.	3.543.646 unid.
Resultado das Vendas - ganho (UF$)	255.953,25	413.144,77	472.604,60
Diferença resultado com o Produzido (UF$)		157.191,52	216.651,35
Diferença resultado com o Produzido (%)		38,05%	45,84%

4.2 Comparativo entre gerenciamentos

O estudo de caso foi conduzido com base em observação e análise dos dados coletados. Entrevistas informais com gerentes da empresa também influenciaram o estudo.

A empresa realiza um plano de produção, o qual origina a programação de produção, baseado nos pedidos e demandas. Normalmente esse plano é realizado com um período de antecedência segura, no qual a empresa possa planejar a compra de insumos entre outros.

Porém, observou-se, e posteriormente foi confirmado pela gerência, que muitas vezes, alguns pedidos precisam ser substituídos por outros de maior urgência originados de alguma venda mal realizada. Ou seja, na tentativa de conseguir clientes, em potencial, o departamento comercial, "fecha" vendas sem antes consultar a disponibilidade da produção em atender determinado pedido.

A falta de comunicação é um problema, mas a falta de informação pode gerar problemas ainda maiores. Segundo a TOC, a restrição deve ser otimizada ao máximo com produtos que possuam maiores ganhos unitários. Observou-se que entre algumas tentativas de se “apagar incêndios”, produtos com menos ganho unitário e maior tempo de utilização restritiva foram colocados no lugar de outros que apresentavam exatamente o contrário, alto ganho unitário e baixo tempo de ciclo no recurso. Isso era feito simplesmente, porque um pedido era maior, que o outro em volume. Esta é uma análise falha.

Apesar de todos os problemas com perca de tempo nos RRC, a empresa não apresentou atrasos mais significativos entre outros lugares que participam dos fluxos de sopro.

Os dados encontrados ainda nos fornecem informações sobre alguns possíveis pontos de melhorias.

Analisando, novamente a Tabela 5, podemos perceber claramente que as células 9 e 10, apesar de consideradas, não eram RRC, pois atenderam com uma grande folga a demanda estipulada. Com capacidade sobradando, para atender a outros pedidos, logo a restrição parece ser o mercado. Faltam pedidos para estas células. O departamento de produção deve avisar ao comercial que existe possibilidade de máquinas ficarem paradas. Máquinas que deviam ser RRC, ficarem paradas. E, segundo a TOC, uma hora perdida em um RRC é uma hora perdida em toda empresa. Para essas máquinas, a entrada de um pedido de última hora só viria ajudar.

Para os demais RRC, tivemos a utilização de todo o tempo disponível. Isso é o ideal. Porém, também, continuando a rodar o algoritmo da TOC, chegamos ao quarto passo. Elevação das restrições.

Segundo Nery (2006), analizar o impacto de pequenas melhorias no processo por produto, pode ser uma ótima maneira de se elevar a restrição. Investimentos como a substituição de moldes antigos por novos moldes com o dobro de cavidades. Isso levaria a uma redução no tempo de ciclo e um aumento significativo na capacidade produtiva desse produto, sem para tanto precisar utilizar mais tempo do RRC. É importante destacar, que dentro desta análise, sejam escolhidos produtos com um alto ganho unitário, alta demanda e que tenha um tempo de ciclo consideravelmente baixo.

Uma outra análise, ainda respeitando as premissas da TOC, seria a empresa pensar na possibilidade de terceirizar alguns produtos.

Investimentos mais caros como a adoção de novas máquinas também seria uma saída, porém deve ser feito com cautela e para elevar RRC.

5. Conclusão

Este trabalho teve por finalidade demonstrar a aplicação da Teoria das Restrições (TOC), juntamente com a Programação Linear (PL) em uma indústria de manufatura industrial para a otimização do *mix* produtivo no setor de sopro.

Para o estudo, seguiu-se toda uma metodologia, desde o contato primário com a empresa, entrevista com gestores, passando pela coleta de dados, observações e desenvolvimento de modelo matemático.

A solução apresentada pela TOC com a PL mostra-se bastante satisfatória, porque além de indicar que é possível aumentar a produtividade, indica que esse aumento produtivo significa também aumento de ganho para a empresa.

As melhorias obtidas são atribuídas a filosofia TOC e sua busca por uma maior lucratividade, minimizando os desperdícios de recursos industriais, como pessoas, materiais, tempo, entre outros, focando sempre as ações na restrição do sistema. Desta maneira, traz para a organização uma rápida velocidade de resposta.

Identificados os candidatos a recursos restritivos, utiliza-se da Programação Linear como ferramenta para otimizar esses recursos e apontar quais dessa restrições devem ser elevadas. Pensamento que vai ao encontro com o proposto por Balakrishnan (2006).

Apesar de o modelo proposto apresentar alterações do modelo tradicional, as mudanças descritas nesse trabalho são importantes para os objetivos estratégicos da empresa como um auxílio na tomada de decisões. Não necessariamente os valores encontrados seriam os mesmos encontrados na prática, pois é impossível prever todas as variáveis que afetam o sistema.

Contudo não deixa de ser uma importante ferramenta para a otimização do *mix* produtivo na empresa, e para traçar novos planos produtivos, podendo determinar com maior segurança as datas de entregue dos produtos para os clientes, etc.

REFERÊNCIAS

ANJOS, Margarida Dos; FERREIRA, Marina Baird. **Mini Aurélio:** o minidicionário da língua portuguesa. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2002.

COX, J.B; SPENCER, M.S. **APCIS Dictionary**. Fall Church, VA: American Production and Inventory Society, 1995

CORBERTT, F. **Artigo baseado no capítulo 9 do livro de minha autoria: "Contabilidade de Ganhos. A nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições."** São Paulo, 1997

COX III, James F., SPENCER, Michael S. **Manual da Teoria das Restrições.** Porto Alegre, Editora Bookman, 2001

FIDEL, Raya. **The case study method: a case study. In:** GLAZIER, Jack D. & POWELL, Ronald R. *Qualitative research in information management.* Englewood, CO: Libraries Unlimited, 1992. 238p. p.37-50.

GOLDBARG, Marco C.; LUNA, Henrique P. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear: modelos e algoritmos.** 1 ed. Rio de janeiro: Editora Campus, 2000.

GOLDRATT, Eliyahu M. (1989) - ***Synchoronous Manufacturing***

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A meta**. São Paulo: Educator, 2000.

HILLIER, Frederick S. **Introdução à Pesquisa Operacional.** Rio de Janeiro: Campus, 1988

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões.** Rio de Janeiro: Campus, 2002

MENEZES, Felipe Morais et al. **Aplicação da Pesquisa Operacional e da Teoria das Restrições na otimização de resultados em uma agroindústria.** In: ENEGEP, 25., 2005, Porto Alegre. A Engenharia de Produção e a Universidade Empreendedora. Porto Alegre: Abepro, 2005. p. 572 - 579. CD-ROM.

MORRIS, Richard. **O que sabemos sobre o Universo.** Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar Editor, 1999.

NERY, M.L.; BELINCANTA, F.B.; SAMED, M.M.A.. **Otimização da produção segundo teoria das restrições: análise de suas aplicações em uma indústria de embalagens plásticas.** Disponível em: <www.simpep.feb.unesp.br>

OENNING, Vilmar. **Sobre mix de produção em indústrias de produção conjunta: uma abordagem a partir da Teoria das Restrições e da Pesquisa Operacional.** 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos, São Leopoldo, 2004.

PIDD, Michael. **Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão.** Porto Alegre:Bookmann, 1998

PRADO, Darci Santos do. **Programação linear.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999

PRADO, Darci Santos do. **Usando Arena em Simulação.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial., Vol 3, 2004

SOUZA, Fernando Bernardi de. **Do OPT à Teoria das Restrições: mitos e avanços.** Revista Produção, São Paulo, v. 15, n. 2, p.184-197, maio/ago 2005. Semestral.

UMBLE, M.M.; SRINKANTH, M.L. **Synchronous Manufacturing: principles for world class excellence.** Cincinnati South-Western, 1996.

YIN, R.K. **Estudo de Caso**. 2 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

APÊNDICE A – Modelo Matemático no Excel

Restrições	Coef. Da Variável																										
Restrições de Recurso	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27
Sopradora 1	7,25	9	4	4,875	4,125	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopradora 2	0	0	0	0	0	0	7	7	16	16	16	7,9	7,9	6,5	20,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	0	0	0	0	0	0
Sopradora 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,75	11	10,75	23	17,5	0
Sopradora 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9475
Sopradora 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopradora 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopradora 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopradora 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopradora 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopradora 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopradora 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sopradora 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restrições de Produção																											
Q1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Q21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Q22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Q23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Q24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Q25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Q26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Q27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Q28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q29+Q32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q37+Q48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q38+Q49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q40+Q50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Q28	Q29	Q30	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q36	Q37	Q38	Q39	Q40	Q41	Q42	Q43	Q44	Q45	Q46	Q47	Q48	Q49	Q50	Q51	Q52			
94,61	223,02	293,26	135,79	223,02	220,78	61,26	648,49	299,90	182,28	167,08	168,53	172,31	162,42	52,55	14,76	82,03	1152,45	98,00	44,60	182,28	167,08	172,31	25,92	44,31			

Constantes

Q28	Q29	Q30	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q36	Q37	Q38	Q39	Q40	Q41	Q42	Q43	Q44	Q45	Q46	Q47	Q48	Q49	Q50	Q51	Q52	LHS	.=< Equações =<	RHS
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	2001600
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	1958400
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	2006400
8,25	5,5	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	2011200
0	0	0	10,5	5,5	7,1	7,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	2011200
0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	2020800
0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,17	5,15	5,0825	5,0775	4,9625	4,9625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	2001600
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	2025600
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	2025600
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	48	21	0	0	0	0	0	0	0,0	2016000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,17	5,15	5,0775	5,1675	0	0	0,0	2011200
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0,0	2025600
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25000	0,0	100000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26786	0,0	143930
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71050	0,0	203000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92001	0,0	262860
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25000	0,0	25000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96558	0,0	321860
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4400	0,0	8800
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21000	0,0	70000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21600	0,0	27000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16500	0,0	16500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11000	0,0	11000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6050	0,0	11000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7700	0,0	11000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36000	0,0	90000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	0,0	10000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18700	0,0	34000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10450	0,0	11000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11000	0,0	11000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10200	0,0	17000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11000	0,0	11000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5500	0,0	5500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29750	0,0	85000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96050	0,0	480252
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33067	0,0	87018
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	0,0	4000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1600	0,0	8000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220186	0,0	550465
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24000	0,0	60000
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85500	0,0	90000
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35000	0,0	70000
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36000	0,0	90000
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39765	0,0	113615
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90000	0,0	150000
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160000	0,0	400000
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24000	0,0	60000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	54781	0,0	182604
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	29336	0,0	73340
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17834	0,0	44586
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	116895	0,0	179838
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21411	0,0	61174
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42514	0,0	106286
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450800	0,0	1803200
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18000	0,0	60000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	550	0,0	1000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1000	0,0	1000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	20000	0,0	20000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	87586	0,0	145976
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	160880	0,0	804398

APÊNDICE B – Modelo Matemático no Lindo

MAX 211.45 Q1 + 132.38 Q2 + 356.27 Q3 + 299.76 Q4 + 243.74 Q5 + 115.07 Q6 + 270.01 Q7 + 78.78 Q8 + 459.75 Q9 + 490.89 Q10 + 490.89 Q11 + 328.67 Q12 + 328.59 Q13 + 161.35 Q14 + 701.27 Q15 + 71.70 Q16 + 72.9 Q17 + 72.07 Q18 + 167.76 Q19 + 74.67 Q20 + 74.59 Q21 + 59.10 Q22 + 130.81 Q23 + 112.14 Q24 + 399.12 Q25 + 36.63 Q26 + 60.54 Q27 + 94.61 Q28 + 223.02 Q29 + 293.26 Q30 + 135.79 Q31 + 359.82 Q32 + 220.78 Q33 + 61.26 Q34 + 648.49 Q35 + 299.90 Q36 + 182.28 Q37 + 167.08 Q38 + 168.53 Q39 + 172.31 Q40 + 162.42 Q41 + 52.55 Q42 + 14.76 Q43 + 82.03 Q44 + 1152.45 Q45 + 98.00 Q46 + 44.60 Q47 + 182.28 Q48 + 167.08 Q49 + 172.31 Q50 + 25.92 Q51 + 44.31 Q52

ST

7.25 Q1 + 9 Q2 + 4 Q3 + 4.875 Q4 + 4.125 Q5 + 7.5 Q6 =< 2001600

7 Q7 + 7 Q8 + 16 Q9 + 16 Q10 + 16 Q11 + 7.9 Q12 + 7.9 Q13 + 6.5 Q14 + 20.5 Q15 + 6.5 Q16 + 6.5 Q17 + 6.5 Q18 + 6.5 Q19 + 6.5 Q20 + 6.5 Q21 =< 1958400

14.75 Q22 + 11 Q23 + 10.75 Q24 + 23 Q25 + 17.5 Q26 =< 2006400

2.9475 Q27 + 8.25 Q28 + 5.5 Q29 + 5.5Q30 =< 2011200

10.5 Q31 + 5.5 Q32 + 7.1 Q33 + 7.25 Q34 =< 2011200

10 Q35 + 10 Q36 =< 2020800

5.17 Q37 + 5.15 Q38 + 5.0825 Q39 + 5.0775 Q40 + 4.9625 Q41 + 4.9625 Q42 =< 2001600

3.6 Q43 =< 2025600

3.6 Q44 =< 2025600

48 Q45 + 48 Q46 + 21 Q47 =< 2016000

5.17 Q48 + 5.15 Q49 + 5.0775 Q50 + 5.1675 Q51 =< 2011200

6 Q52 =< 2025600

Q1 =<100000
Q1>=25000

Q2=< 143930
Q2>= 28786

Q3 =< 203000
Q3 >=71050

Q4 =< 262860
Q4>=92001

Q5 =< 25000
Q5>=25000

Q6 =< 321860
Q6>= 96558

Q7 =< 8800
Q7>= 4400

Q8 =< 70000
Q8>= 21000

Q9 =< 27000
Q9>=21600

Q10 =< 16500
Q10>= 16500

Q11 =< 11000
Q11>=11000

Q12 =< 11000
Q12>=6050

Q13 =< 11000
Q13>=7700

Q14 =< 90000
Q14>=36000

Q15 =< 10000
Q15>=10000

Q16 =< 34000
Q16>=18700

Q17 =< 11000
Q17>=10450

Q18 =< 11000
Q18 >=11000

Q19 =< 17000
Q19 >=10200

Q20 =< 11000
Q20>=11000

Q21 =< 5500
Q21>=5500

Q22=<85000
Q22>= 29750

Q23=<480252
Q23>=96050

Q24=<87018
Q24>=33067

Q25=<4000
Q25>=4000

Q26=<8000
Q26>=1600

Q27=<550465
Q27>=220186

Q28=<60000
Q28>=24000

Q29 + Q32=< 90000
Q29 + Q32>=85500

Q30=<70000
Q30>=35000

Q31=<90000
Q31>=36000

Q33=<113615
Q33>=39765

Q34=<150000
Q34>=90000

Q35=<400000
Q35>=160000

Q36=<60000
Q36>=24000

Q37 + Q48=<182604
Q37 + Q48>=54781

Q38 + Q49=<73340
Q38 + Q49>=29336

Q39=<44586

Q39>=17834

Q40 + Q50=<179838
Q40 + Q50>=116895

Q41=<61174
Q41>=21411

Q42=<106286
Q42>=42514

Q43=<1803200
Q43>=450800

Q44=<60000
Q44>=18000

Q45=<1000
Q45>=550

Q46=<1000
Q46>=1000

Q47=<20000
Q47>=20000

Q51=<145976
Q51>=87586

Q52=<804398
Q52>=16880

APÊNDICE C – Modelo Matemático no GAMS

Variables	
Q1	Quantidade a se produzir do produto 1
Q2	Quantidade a se produzir do produto 2
Q3	Quantidade a se produzir do produto 3
Q4	Quantidade a se produzir do produto 4
Q5	Quantidade a se produzir do produto 5
Q6	Quantidade a se produzir do produto 6
Q7	Quantidade a se produzir do produto 7
Q8	Quantidade a se produzir do produto 8
Q9	Quantidade a se produzir do produto 9
Q10	Quantidade a se produzir do produto 10
Q11	Quantidade a se produzir do produto 11
Q12	Quantidade a se produzir do produto 12
Q13	Quantidade a se produzir do produto 13
Q14	Quantidade a se produzir do produto 14
Q15	Quantidade a se produzir do produto 15
Q16	Quantidade a se produzir do produto 16
Q17	Quantidade a se produzir do produto 17
Q18	Quantidade a se produzir do produto 18
Q19	Quantidade a se produzir do produto 19
Q20	Quantidade a se produzir do produto 20
Q21	Quantidade a se produzir do produto 21
Q22	Quantidade a se produzir do produto 22
Q23	Quantidade a se produzir do produto 23
Q24	Quantidade a se produzir do produto 24
Q25	Quantidade a se produzir do produto 25
Q26	Quantidade a se produzir do produto 26
Q27	Quantidade a se produzir do produto 27
Q28	Quantidade a se produzir do produto 28
Q29	Quantidade a se produzir do produto 29
Q30	Quantidade a se produzir do produto 30
Q31	Quantidade a se produzir do produto 31
Q32	Quantidade a se produzir do produto 32
Q33	Quantidade a se produzir do produto 33
Q34	Quantidade a se produzir do produto 34
Q35	Quantidade a se produzir do produto 35
Q36	Quantidade a se produzir do produto 36
Q37	Quantidade a se produzir do produto 37
Q38	Quantidade a se produzir do produto 38
Q39	Quantidade a se produzir do produto 39
Q40	Quantidade a se produzir do produto 40
Q41	Quantidade a se produzir do produto 41
Q42	Quantidade a se produzir do produto 42
Q43	Quantidade a se produzir do produto 43
Q44	Quantidade a se produzir do produto 44
Q45	Quantidade a se produzir do produto 45
Q46	Quantidade a se produzir do produto 46
Q47	Quantidade a se produzir do produto 47
Q48	Quantidade a se produzir do produto 48
Q49	Quantidade a se produzir do produto 49

Q50 Quantidade a se produzir do produto 50
Q51 Quantidade a se produzir do produto 51
Q52 Quantidade a se produzir do produto 52
z Total de Lucro que a empresa pode obter;

positive variable Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29, Q30, Q31, Q32, Q33, Q34, Q35, Q36, Q37, Q38, Q39, Q40, Q41, Q42, Q43, Q44, Q45, Q46, Q47, Q48, Q49, Q50, Q51, Q52;

Equations
Lucro Função Objetivo
Maquina_1 Restrição 1 RRC-1
Maquina_2 Restrição 2 RRC-2
Maquina_3 Restrição 3 RRC-3
Maquina_4 Restrição 4 RRC-4
Maquina_5 Restrição 5 RRC-5
Maquina_6 Restrição 6 RRC-6
Maquina_7 Restrição 7 RRC-7
Maquina_8 Restrição 8 RRC-8
Maquina_9 Restrição 9 RRC-9
Maquina_10 Restrição 10 RRC-10
Maquina_11 Restrição 11 RRC-11
Maquina_12 Restrição 12 RRC-12

Produto1_max Quantidade Máxima do Produto 1
Produto1_min Quantidade Mínima do Produto 1

Produto2_max Quantidade Máxima do Produto 2
Produto2_min Quantidade Mínima do Produto 2

Produto3_max Quantidade Máxima do Produto 3
Produto3_min Quantidade Mínima do Produto 3

Produto4_max Quantidade Máxima do Produto 4
Produto4_min Quantidade Mínima do Produto 4

Produto5_max Quantidade Máxima do Produto 5
Produto5_min Quantidade Mínima do Produto 5

Produto6_max Quantidade Máxima do Produto 6
Produto6_min Quantidade Mínima do Produto 6

Produto7_max Quantidade Máxima do Produto 7
Produto7_min Quantidade Mínima do Produto 7

Produto8_max Quantidade Máxima do Produto 8
Produto8_min Quantidade Mínima do Produto 8

Produto9_max Quantidade Máxima do Produto 9
Produto9_min Quantidade Mínima do Produto 9

Produto10_max Quantidade Máxima do Produto 10
Produto10_min Quantidade Mínima do Produto 10

Produto11_max Quantidade Máxima do Produto 11
Produto11_min Quantidade Mínima do Produto 11

Produto12_max Quantidade Máxima do Produto 12
Produto12_min Quantidade Mínima do Produto 12

Produto13_max Quantidade Máxima do Produto 13
Produto13_min Quantidade Mínima do Produto 13

Produto14_max Quantidade Máxima do Produto 14
Produto14_min Quantidade Mínima do Produto 14

Produto15_max Quantidade Máxima do Produto 15
Produto15_min Quantidade Mínima do Produto 15

Produto16_max Quantidade Máxima do Produto 16
Produto16_min Quantidade Mínima do Produto 16

Produto17_max Quantidade Máxima do Produto 17
Produto17_min Quantidade Mínima do Produto 17

Produto18_max Quantidade Máxima do Produto 18
Produto18_min Quantidade Mínima do Produto 18

Produto19_max Quantidade Máxima do Produto 19
Produto19_min Quantidade Mínima do Produto 19

Produto20_max Quantidade Máxima do Produto 20
Produto20_min Quantidade Mínima do Produto 20

Produto21_max Quantidade Máxima do Produto 21
Produto21_min Quantidade Mínima do Produto 21

Produto22_max Quantidade Máxima do Produto 22
Produto22_min Quantidade Mínima do Produto 22

Produto23_max Quantidade Máxima do Produto 23
Produto23_min Quantidade Mínima do Produto 23

Produto24_max Quantidade Máxima do Produto 24
Produto24_min Quantidade Mínima do Produto 24

Produto25_max Quantidade Máxima do Produto 25
Produto25_min Quantidade Mínima do Produto 25

Produto26_max Quantidade Máxima do Produto 26
Produto26_min Quantidade Mínima do Produto 26

Produto27_max Quantidade Máxima do Produto 27
Produto27_min Quantidade Mínima do Produto 27

Produto28_max Quantidade Máxima do Produto 28
Produto28_min Quantidade Mínima do Produto 28

Produto29_max Quantidade Máxima do Produto 29
Produto29_min Quantidade Mínima do Produto 29

Produto30_max Quantidade Máxima do Produto 30
Produto30_min Quantidade Mínima do Produto 30

Produto31_max Quantidade Máxima do Produto 31
Produto31_min Quantidade Mínima do Produto 31

Produto33_max Quantidade Máxima do Produto 33
Produto33_min Quantidade Mínima do Produto 33

Produto34_max Quantidade Máxima do Produto 34
Produto34_min Quantidade Mínima do Produto 34

Produto35_max Quantidade Máxima do Produto 35
Produto35_min Quantidade Mínima do Produto 35

Produto36_max Quantidade Máxima do Produto 36
Produto36_min Quantidade Mínima do Produto 36

Produto37_max Quantidade Máxima do Produto 37
Produto37_min Quantidade Mínima do Produto 37

Produto38_max Quantidade Máxima do Produto 38
Produto38_min Quantidade Mínima do Produto 38

Produto39_max Quantidade Máxima do Produto 39
Produto39_min Quantidade Mínima do Produto 39

Produto40_max Quantidade Máxima do Produto 40
Produto40_min Quantidade Mínima do Produto 40

Produto41_max Quantidade Máxima do Produto 41
Produto41_min Quantidade Mínima do Produto 41

Produto42_max Quantidade Máxima do Produto 42
Produto42_min Quantidade Mínima do Produto 42

Produto43_max Quantidade Máxima do Produto 43

```
Produto43_min Quantidade Mínima do Produto 43

Produto44_max Quantidade Máxima do Produto 44
Produto44_min Quantidade Mínima do Produto 44

Produto45_max Quantidade Máxima do Produto 45
Produto45_min Quantidade Mínima do Produto 45

Produto46_max Quantidade Máxima do Produto 46
Produto46_min Quantidade Mínima do Produto 46

Produto47_max Quantidade Máxima do Produto 47
Produto47_min Quantidade Mínima do Produto 47

Produto51_max Quantidade Máxima do Produto 51
Produto51_min Quantidade Mínima do Produto 51

Produto52_max Quantidade Máxima do Produto 52
Produto52_min Quantidade Mínima do Produto 52;

Lucro .. z =e= (211.45*Q1 + 132.38*Q2 + 356.27*Q3 + 299.76*Q4 + 243.74*Q5 +
                115.07*Q6 + 270.01*Q7 + 78.78*Q8 + 459.75*Q9 + 490.89*Q10 +
                490.89*Q11 + 328.67*Q12 + 328.59*Q13 + 161.35*Q14 + 701.27*Q15+
                71.70*Q16 + 72.9*Q17 + 72.07*Q18 + 167.76*Q19 + 74.67*Q20 +
                74.59*Q21 + 59.10*Q22 + 130.81*Q23 + 112.14*Q24 + 399.12*Q25 +
                36.63*Q26 + 60.54*Q27 + 94.61*Q28 + 223.02*Q29 + 293.26*Q30 +
                135.79*Q31 + 359.82*Q32 + 220.78*Q33 + 61.26*Q34 + 648.49*Q35 +
                299.90*Q36 + 182.28*Q37 + 167.08*Q38 + 168.53*Q39 + 172.31*Q40 +
                162.42*Q41 + 52.55*Q42 + 14.76*Q43 + 82.03*Q44 + 1152.45*Q45 +
                98.00*Q46 + 44.60*Q47 + 182.28*Q48 + 167.08*Q49  +
                172.31*Q50+25.92*Q51 + 44.31*Q52)/1000 - 43000;

Maquina_1 .. 7.25*Q1 + 9*Q2 + 4*Q3 + 4.875*Q4 + 4.125*Q5 + 7.5*Q6 =l= 2001600;

Maquina_2 .. 7*Q7 + 7*Q8 + 16*Q9 + 16*Q10 + 16*Q11 + 7.9*Q12 + 7.9*Q13 +
              6.5*Q14 + 20.5*Q15 + 6.5*Q16 + 6.5*Q17 + 6.5*Q18 + 6.5*Q19 +
             6.5*Q20 + 6.5*Q21 =l= 1958400;

Maquina_3 .. 14.75*Q22 + 11*Q23 + 10.75*Q24 + 23*Q25 + 17.5*Q26 =l= 2006400;

Maquina_4 .. 2.9475*Q27 + 8.25*Q28 + 5.5*Q29 + 5.5*Q30 =l= 2011200;

Maquina_5 .. 10.5*Q31 + 5.5*Q32 + 7.1*Q33 + 7.25*Q34 =l= 2011200;

Maquina_6 .. 10*Q35 + 10*Q36 =l= 2020800;

Maquina_7 .. 5.17*Q37 + 5.15*Q38 + 5.0825*Q39 + 5.0775*Q40 + 4.9625*Q41 +
              4.9625*Q42 =l= 2001600;

Maquina_8 .. 3.6*Q43 =l= 2025600;
```

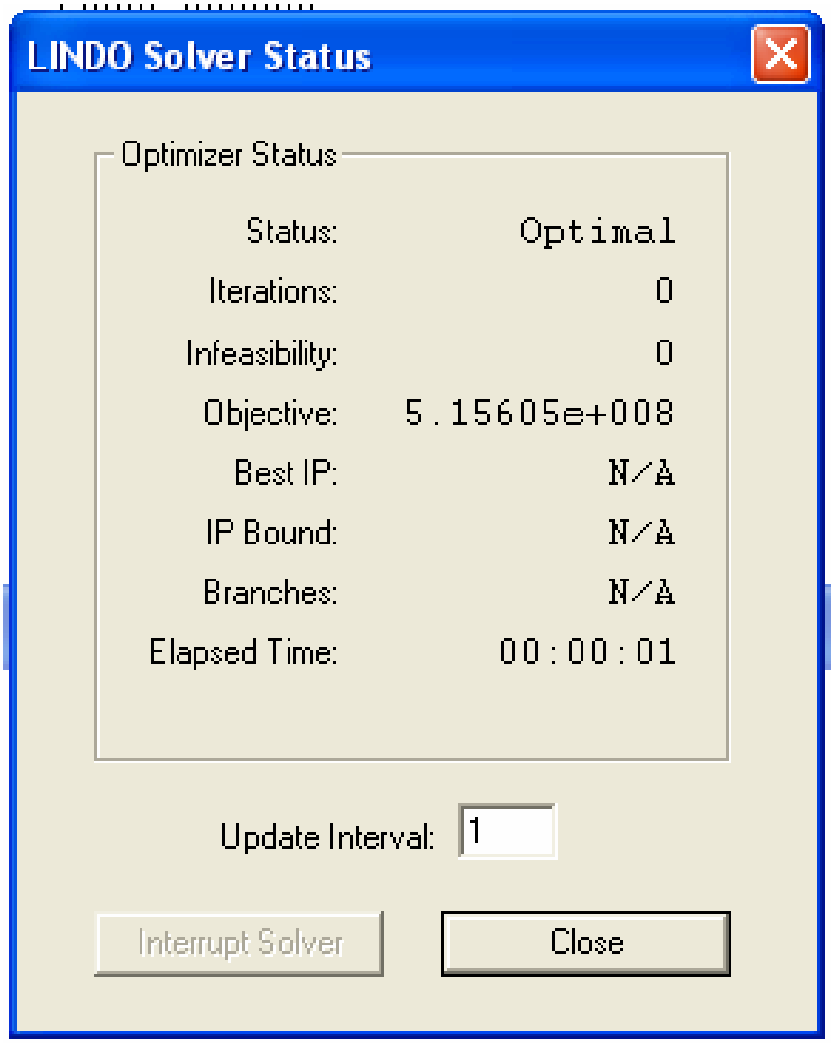
```
Maquina_9 .. 3.6*Q44 =l= 2025600;

Maquina_10 .. 48*Q45 +  48*Q46 + 21*Q47 =l= 2016000;

Maquina_11 .. 5.17*Q48 + 5.15*Q49 + 5.0775*Q50 + 5.1675*Q51 =l= 2011200;

Maquina_12 .. 6*Q52 =l= 2025600;

Produto1_max .. Q1 =l= 100000;
Produto1_min .. Q1 =g= 25000;

Produto2_max .. Q2 =l= 143930;
Produto2_min .. Q2 =g= 28786;

Produto3_max .. Q3 =l= 203000;
Produto3_min .. Q3 =g= 71050;

Produto4_max .. Q4 =l= 262860;
Produto4_min .. Q4 =g= 92001;

Produto5_max .. Q5 =l= 25000;
Produto5_min .. Q5 =g= 25000;

Produto6_max .. Q6 =l= 321860;
Produto6_min .. Q6 =g= 96558;

Produto7_max .. Q7 =l= 8800;
Produto7_min .. Q7 =g= 4400;

Produto8_max .. Q8 =l= 70000;
Produto8_min .. Q8 =g= 21000;

Produto9_max .. Q9 =l= 27000;
Produto9_min .. Q9 =g= 21600;

Produto10_max .. Q10 =l= 16500;
Produto10_min .. Q10 =g= 16500;

Produto11_max .. Q11 =l= 11000;
Produto11_min .. Q11 =g= 11000;

Produto12_max .. Q12 =l= 11000;
Produto12_min .. Q12 =g= 6050;

Produto13_max .. Q13 =l= 11000;
Produto13_min .. Q13 =g= 7700;

Produto14_max .. Q14 =l= 90000;
Produto14_min .. Q14 =g= 36000;
```

```
Produto15_max .. Q15 =l= 10000;
Produto15_min .. Q15 =g= 10000;

Produto16_max .. Q16 =l= 34000;
Produto16_min .. Q16 =g= 18700;

Produto17_max .. Q17 =l= 11000;
Produto17_min .. Q17 =g= 10450;

Produto18_max .. Q18 =l= 11000;
Produto18_min .. Q18 =g= 11000;

Produto19_max .. Q19 =l= 17000;
Produto19_min .. Q19 =g= 10200;

Produto20_max .. Q20 =l= 11000;
Produto20_min .. Q20 =g= 11000;

Produto21_max .. Q21 =l= 5500;
Produto21_min .. Q21 =g= 5500;

Produto22_max .. Q22 =l= 85000;
Produto22_min .. Q22 =g= 29750;

Produto23_max .. Q23 =l= 480252;
Produto23_min .. Q23 =g= 96050;

Produto24_max .. Q24 =l= 87018;
Produto24_min .. Q24 =g= 33067;

Produto25_max .. Q25 =l= 4000;
Produto25_min .. Q25 =g= 4000;

Produto26_max .. Q26 =l= 8000;
Produto26_min .. Q26 =g= 1600;

Produto27_max .. Q27 =l= 550465;
Produto27_min .. Q27 =g= 220186;

Produto28_max .. Q28 =l= 60000;
Produto28_min .. Q28 =g= 24000;

Produto29_max .. Q29 + Q32 =l= 90000;
Produto29_min .. Q29 + Q32 =g= 85500;

Produto30_max .. Q30 =l= 70000;
Produto30_min .. Q30 =g= 35000;

Produto31_max .. Q31 =l= 90000;
```

```
Produto31_min .. Q31 =g= 36000;

Produto33_max .. Q33 =l= 113615;
Produto33_min .. Q33 =g= 39765;

Produto34_max .. Q34 =l= 150000;
Produto34_min .. Q34 =g= 90000;

Produto35_max .. Q35 =l= 400000;
Produto35_min .. Q35 =g= 160000;

Produto36_max .. Q36 =l= 60000;
Produto36_min .. Q36 =g= 24000;

Produto37_max .. Q37 + Q48 =l= 182604;
Produto37_min .. Q37 + Q48 =g= 54781;

Produto38_max .. Q38 + Q49 =l= 73340;
Produto38_min .. Q38 + Q49 =g= 29336;

Produto39_max .. Q39 =l= 44586;
Produto39_min .. Q39 =g= 17834;

Produto40_max .. Q40 + Q50 =l= 179838;
Produto40_min .. Q40 + Q50 =g= 116895;

Produto41_max .. Q41 =l= 61174;
Produto41_min .. Q41 =g= 21411;

Produto42_max .. Q42 =l= 106286;
Produto42_min .. Q42 =g= 42514;

Produto43_max .. Q43 =l= 1803200;
Produto43_min .. Q43 =g= 450800;

Produto44_max .. Q44 =l= 60000;
Produto44_min .. Q44 =g= 18000;

Produto45_max .. Q45 =l= 1000;
Produto45_min .. Q45 =g= 550;

Produto46_max .. Q46 =l= 1000;
Produto46_min .. Q46 =g= 1000;

Produto47_max .. Q47 =l= 20000;
Produto47_min .. Q47 =g= 20000;

Produto51_max .. Q51 =l= 145976;
Produto51_min .. Q51 =g= 87586;
```

```
Produto52_max .. Q52 =l= 804398;
Produto52_min .. Q52 =g= 16880;


Model Otimizacao_da_Producao /all/;Solve Otimizacao_da_Producao using lp maximizing z ;
```

ANEXO A – Resultados e Relatórios do Lindo



LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.5156046E+09

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Q1	25000.000000	0.000000
Q2	28786.000000	0.000000

Q3	71365.281250	0.000000
Q4	92001.000000	0.000000
Q5	25000.000000	0.000000
Q6	96558.000000	0.000000
Q7	4400.000000	0.000000
Q8	21000.000000	0.000000
Q9	21600.000000	0.000000
Q10	16500.000000	0.000000
Q11	11000.000000	0.000000
Q12	7676.582520	0.000000
Q13	7700.000000	0.000000
Q14	36000.000000	0.000000
Q15	10000.000000	0.000000
Q16	18700.000000	0.000000
Q17	10450.000000	0.000000
Q18	11000.000000	0.000000
Q19	10200.000000	0.000000
Q20	11000.000000	0.000000
Q21	5500.000000	0.000000
Q22	29750.000000	0.000000
Q23	99283.382812	0.000000
Q24	33067.000000	0.000000
Q25	4000.000000	0.000000
Q26	1600.000000	0.000000
Q27	484546.218750	0.000000
Q28	24000.000000	0.000000
Q29	0.000000	78.740158
Q30	70000.000000	0.000000
Q31	36000.000000	0.000000
Q32	90000.000000	0.000000
Q33	68408.453125	0.000000
Q34	90000.000000	0.000000
Q35	178080.000000	0.000000
Q36	24000.000000	0.000000
Q37	5965.951660	0.000000
Q38	0.000000	-0.000001
Q39	44586.000000	0.000000
Q40	179838.000000	0.000000
Q41	61174.000000	0.000000
Q42	106286.000000	0.000000
Q43	562666.687500	0.000000
Q44	60000.000000	0.000000
Q45	1000.000000	0.000000
Q46	1000.000000	0.000000
Q47	20000.000000	0.000000
Q48	176638.046875	0.000000
Q49	73340.000000	0.000000
Q50	0.000000	0.000002
Q51	139386.609375	0.000000
Q52	337600.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	89.067497
3)	0.000000	41.603798
4)	0.000000	11.891818
5)	0.000000	20.539440
6)	0.000000	31.095774
7)	0.000000	64.848999
8)	0.000000	5.015965

9)	0.000000	4.100000
10)	1809600.000000	0.000000
11)	1500000.000000	0.000000
12)	0.000000	5.015965
13)	0.000000	7.385000
14)	75000.000000	0.000000
15)	0.000000	-434.289368
16)	115144.000000	0.000000
17)	0.000000	-669.227478
18)	131634.718750	0.000000
19)	315.281250	0.000000
20)	170859.000000	0.000000
21)	0.000000	-134.444061
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	-123.663437
24)	225302.000000	0.000000
25)	0.000000	-552.936279
26)	4400.000000	0.000000
27)	0.000000	-21.216581
28)	49000.000000	0.000000
29)	0.000000	-212.446579
30)	5400.000000	0.000000
31)	0.000000	-205.910767
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	-174.770752
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	-174.770752
36)	3323.417725	0.000000
37)	1626.582275	0.000000
38)	3300.000000	0.000000
39)	0.000000	-0.080000
40)	54000.000000	0.000000
41)	0.000000	-109.074684
42)	0.000000	0.000000
43)	0.000000	-151.607849
44)	15300.000000	0.000000
45)	0.000000	-198.724686
46)	550.000000	0.000000
47)	0.000000	-197.524689
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	-198.354691
50)	6800.000000	0.000000
51)	0.000000	-102.664680
52)	0.000000	0.000000
53)	0.000000	-195.754684
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	-195.834686
56)	55250.000000	0.000000
57)	0.000000	-116.304321
58)	380968.625000	0.000000
59)	3233.386475	0.000000
60)	53951.000000	0.000000
61)	0.000000	-15.697045
62)	0.000000	125.608185
63)	0.000000	0.000000
64)	6400.000000	0.000000
65)	0.000000	-171.476822
66)	65918.773438	0.000000
67)	264360.218750	0.000000
68)	36000.000000	0.000000

69)	0.000000	-74.840385
70)	0.000000	188.793243
71)	4500.000000	0.000000
72)	0.000000	180.293076
73)	35000.000000	0.000000
74)	54000.000000	0.000000
75)	0.000000	-190.715637
76)	45206.550781	0.000000
77)	28643.451172	0.000000
78)	60000.000000	0.000000
79)	0.000000	-164.184372
80)	221920.000000	0.000000
81)	18080.000000	0.000000
82)	36000.000000	0.000000
83)	0.000000	-348.589996
84)	0.000000	156.347458
85)	127823.000000	0.000000
86)	0.000000	141.247772
87)	44004.000000	0.000000
88)	0.000000	143.036362
89)	26752.000000	0.000000
90)	0.000000	146.841431
91)	62943.000000	0.000000
92)	0.000000	137.528275
93)	39763.000000	0.000000
94)	0.000000	27.658272
95)	63772.000000	0.000000
96)	1240533.375000	0.000000
97)	111866.664062	0.000000
98)	0.000000	82.029999
99)	42000.000000	0.000000
100)	0.000000	1152.449951
101)	450.000000	0.000000
102)	0.000000	98.000000
103)	0.000000	0.000000
104)	0.000000	44.599998
105)	0.000000	0.000000
106)	6589.394043	0.000000
107)	51800.605469	0.000000
108)	466798.000000	0.000000
109)	320720.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 0

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

	OBJ COEFFICIENT RANGES		
VARIABLE	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
Q1	211.449997	434.289368	INFINITY
Q2	132.380005	669.227478	INFINITY
Q3	356.269989	INFINITY	110.313072
Q4	299.760010	134.444061	INFINITY
Q5	243.740005	123.663437	INFINITY
Q6	115.070000	552.936279	INFINITY
Q7	270.010010	21.216581	INFINITY
Q8	78.779999	212.446579	INFINITY
Q9	459.750000	205.910767	INFINITY
Q10	490.890015	174.770752	INFINITY

Q11	490.890015	174.770752	INFINITY
Q12	328.670013	INFINITY	0.080000
Q13	328.589996	0.080000	INFINITY
Q14	161.350006	109.074684	INFINITY
Q15	701.270020	151.607849	INFINITY
Q16	71.699997	198.724686	INFINITY
Q17	72.900002	197.524689	INFINITY
Q18	72.070000	198.354691	INFINITY
Q19	167.759995	102.664680	INFINITY
Q20	74.669998	195.754684	INFINITY
Q21	74.589996	195.834686	INFINITY
Q22	59.099998	116.304321	INFINITY
Q23	130.809998	60.073483	16.062092
Q24	112.139999	15.697045	INFINITY
Q25	399.119995	INFINITY	125.608185
Q26	36.630001	171.476822	INFINITY
Q27	60.540001	96.620697	26.738428
Q28	94.610001	74.840385	INFINITY
Q29	223.020004	78.740158	INFINITY
Q30	293.260010	INFINITY	180.293076
Q31	135.789993	190.715637	INFINITY
Q32	359.820007	INFINITY	78.740158
Q33	220.779999	101.646385	128.960098
Q34	61.259998	164.184372	INFINITY
Q35	648.489990	INFINITY	348.589996
Q36	299.899994	348.589996	INFINITY
Q37	182.279999	0.000000	0.000000
Q38	167.080002	0.000000	INFINITY
Q39	168.529999	INFINITY	143.036362
Q40	172.309998	INFINITY	0.000000
Q41	162.419998	INFINITY	137.528275
Q42	52.549999	INFINITY	27.658272
Q43	14.760000	INFINITY	14.759999
Q44	82.029999	INFINITY	82.029999
Q45	1152.449951	INFINITY	1152.449951
Q46	98.000000	INFINITY	98.000000
Q47	44.599998	INFINITY	44.599998
Q48	182.279999	0.000000	0.000000
Q49	167.080002	INFINITY	0.000000
Q50	172.309998	0.000000	INFINITY
Q51	25.920000	28.800829	25.919998
Q52	44.310001	INFINITY	44.310001

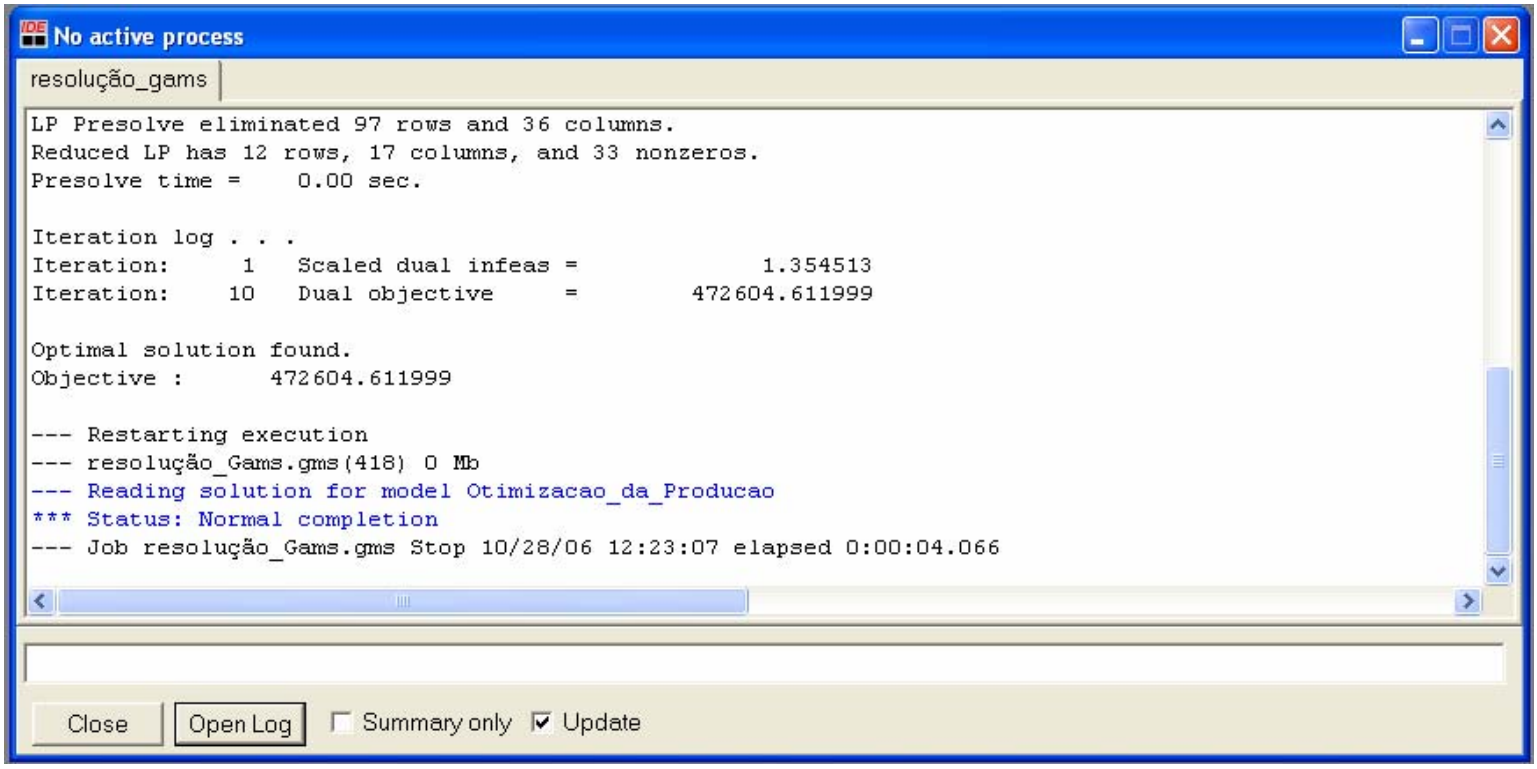
RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	2001600.000000	526538.875000	1261.125000
3	1958400.000000	26255.000000	12850.000000
4	2006400.000000	4190654.750000	35567.250000
5	2011200.000000	194295.593750	779201.750000
6	2011200.000000	320966.500000	203368.500000
7	2020800.000000	2219200.000000	180800.000000
8	2001600.000000	34050.691406	30843.970703
9	2025600.000000	4465920.000000	402719.968750
10	2025600.000000	INFINITY	1809600.000000
11	2016000.000000	INFINITY	1500000.000000
12	2011200.000000	34050.691406	267679.625000
13	2025600.000000	2800788.000000	1924320.000000
14	100000.000000	INFINITY	75000.000000
15	25000.000000	173.948273	25000.000000

16	143930.000000	INFINITY	115144.000000
17	28786.000000	140.125000	28786.000000
18	203000.000000	INFINITY	131634.718750
19	71050.000000	315.281250	INFINITY
20	262860.000000	INFINITY	170859.000000
21	92001.000000	258.692322	92001.000000
22	25000.000000	INFINITY	0.000000
23	25000.000000	0.000000	25000.000000
24	321860.000000	INFINITY	225302.000000
25	96558.000000	168.149994	70205.179688
26	8800.000000	INFINITY	4400.000000
27	4400.000000	1835.714233	3750.714111
28	70000.000000	INFINITY	49000.000000
29	21000.000000	1835.714233	3750.714111
30	27000.000000	INFINITY	5400.000000
31	21600.000000	803.125000	1640.937500
32	16500.000000	INFINITY	0.000000
33	16500.000000	0.000000	1640.937500
34	11000.000000	INFINITY	0.000000
35	11000.000000	0.000000	1640.937500
36	11000.000000	INFINITY	3323.417725
37	6050.000000	1626.582275	INFINITY
38	11000.000000	INFINITY	3300.000000
39	7700.000000	1626.582275	3323.417725
40	90000.000000	INFINITY	54000.000000
41	36000.000000	1976.923096	4039.230957
42	10000.000000	INFINITY	0.000000
43	10000.000000	0.000000	1280.731812
44	34000.000000	INFINITY	15300.000000
45	18700.000000	1976.923096	4039.230957
46	11000.000000	INFINITY	550.000000
47	10450.000000	550.000000	4039.230957
48	11000.000000	INFINITY	0.000000
49	11000.000000	0.000000	4039.230957
50	17000.000000	INFINITY	6800.000000
51	10200.000000	1976.923096	4039.230957
52	11000.000000	INFINITY	0.000000
53	11000.000000	0.000000	4039.230957
54	5500.000000	INFINITY	0.000000
55	5500.000000	0.000000	4039.230957
56	85000.000000	INFINITY	55250.000000
57	29750.000000	2411.339111	29750.000000
58	480252.000000	INFINITY	380968.625000
59	96050.000000	3233.386475	INFINITY
60	87018.000000	INFINITY	53951.000000
61	33067.000000	3308.581543	33067.000000
62	4000.000000	1546.402344	0.000000
63	4000.000000	0.000000	INFINITY
64	8000.000000	INFINITY	6400.000000
65	1600.000000	2032.414307	1600.000000
66	550465.000000	INFINITY	65918.773438
67	220186.000000	264360.218750	INFINITY
68	60000.000000	INFINITY	36000.000000
69	24000.000000	36000.000000	23550.980469
70	90000.000000	36976.089844	4500.000000
71	85500.000000	4500.000000	INFINITY
72	70000.000000	141673.046875	35000.000000
73	35000.000000	35000.000000	INFINITY
74	90000.000000	INFINITY	54000.000000
75	36000.000000	19368.429688	30568.238281

76	113615.000000	INFINITY	45206.550781
77	39765.000000	28643.451172	INFINITY
78	150000.000000	INFINITY	60000.000000
79	90000.000000	28050.828125	44271.242188
80	400000.000000	INFINITY	221920.000000
81	160000.000000	18080.000000	INFINITY
82	60000.000000	INFINITY	36000.000000
83	24000.000000	18080.000000	24000.000000
84	182604.000000	51775.558594	6586.208008
85	54781.000000	127823.000000	INFINITY
86	73340.000000	51976.628906	6611.785156
87	29336.000000	44004.000000	INFINITY
88	44586.000000	6068.661133	6699.595703
89	17834.000000	26752.000000	INFINITY
90	179838.000000	6074.637207	6706.192871
91	116895.000000	62943.000000	INFINITY
92	61174.000000	6215.409668	6861.600586
93	21411.000000	39763.000000	INFINITY
94	106286.000000	6215.409668	6861.600586
95	42514.000000	63772.000000	INFINITY
96	1803200.000000	INFINITY	1240533.375000
97	450800.000000	111866.664062	INFINITY
98	60000.000000	502666.687500	42000.000000
99	18000.000000	42000.000000	INFINITY
100	1000.000000	31250.000000	450.000000
101	550.000000	450.000000	INFINITY
102	1000.000000	31250.000000	0.000000
103	1000.000000	0.000000	INFINITY
104	20000.000000	71428.570312	0.000000
105	20000.000000	0.000000	INFINITY
106	145976.000000	INFINITY	6589.394043
107	87586.000000	51800.605469	INFINITY
108	804398.000000	INFINITY	466798.000000
109	16880.000000	320720.000000	INFINITY

ANEXO B – Resultados e Relatórios do GAMS



	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
EQU Lucro	-4.300E+4	-4.300E+4	-4.300E+4	1.000
EQU Maquina_1	-INF	2.0016E+6	2.0016E+6	0.089
EQU Maquina_2	-INF	1.9584E+6	1.9584E+6	0.042
EQU Maquina_3	-INF	2.0064E+6	2.0064E+6	0.012
EQU Maquina_4	-INF	2.0112E+6	2.0112E+6	0.021
EQU Maquina_5	-INF	2.0112E+6	2.0112E+6	0.031
EQU Maquina_6	-INF	2.0208E+6	2.0208E+6	0.065
EQU Maquina_7	-INF	2.0016E+6	2.0016E+6	0.005
EQU Maquina_8	-INF	2.0256E+6	2.0256E+6	0.004
EQU Maquina_9	-INF	2.1600E+5	2.0256E+6	.
EQU Maquina_10	-INF	5.1600E+5	2.0160E+6	.
EQU Maquina_11	-INF	2.0112E+6	2.0112E+6	0.005
EQU Maquina_12	-INF	2.0256E+6	2.0256E+6	0.007
EQU Produto1_~	-INF	25000.000	1.0000E+5	.
EQU Produto1_~	25000.000	25000.000	+INF	-0.434
EQU Produto2_~	-INF	28786.000	1.4393E+5	.
EQU Produto2_~	28786.000	28786.000	+INF	-0.669
EQU Produto3_~	-INF	71365.281	2.0300E+5	.
EQU Produto3_~	71050.000	71365.281	+INF	.
EQU Produto4_~	-INF	92001.000	2.6286E+5	.
EQU Produto4_~	92001.000	92001.000	+INF	-0.134
EQU Produto5_~	-INF	25000.000	25000.000	.
EQU Produto5_~	25000.000	25000.000	+INF	-0.124
EQU Produto6_~	-INF	96558.000	3.2186E+5	.
EQU Produto6_~	96558.000	96558.000	+INF	-0.553
EQU Produto7_~	-INF	4400.000	8800.000	.
EQU Produto7_~	4400.000	4400.000	+INF	-0.021
EQU Produto8_~	-INF	21000.000	70000.000	.
EQU Produto8_~	21000.000	21000.000	+INF	-0.212

```
---- EQU Produto9_~     -INF  21600.000 27000.000      .
---- EQU Produto9_~ 21600.000 21600.000     +INF     -0.206
---- EQU Produto10~     -INF  16500.000 16500.000      .
---- EQU Produto10~ 16500.000 16500.000     +INF     -0.175
---- EQU Produto11~     -INF  11000.000 11000.000      .
---- EQU Produto11~ 11000.000 11000.000     +INF     -0.175
---- EQU Produto12~     -INF   7676.582 11000.000      .
---- EQU Produto12~  6050.000  7676.582     +INF      .
---- EQU Produto13~     -INF   7700.000 11000.000      .
---- EQU Produto13~  7700.000  7700.000     +INF  -8.000E-5
---- EQU Produto14~     -INF  36000.000 90000.000      .
---- EQU Produto14~ 36000.000 36000.000     +INF     -0.109
---- EQU Produto15~     -INF  10000.000 10000.000      .
---- EQU Produto15~ 10000.000 10000.000     +INF     -0.152
---- EQU Produto16~     -INF  18700.000 34000.000      .
---- EQU Produto16~ 18700.000 18700.000     +INF     -0.199
---- EQU Produto17~     -INF  10450.000 11000.000      .
---- EQU Produto17~ 10450.000 10450.000     +INF     -0.198
---- EQU Produto18~     -INF  11000.000 11000.000      .
---- EQU Produto18~ 11000.000 11000.000     +INF     -0.198
---- EQU Produto19~     -INF  10200.000 17000.000      .
---- EQU Produto19~ 10200.000 10200.000     +INF     -0.103
---- EQU Produto20~     -INF  11000.000 11000.000      .
---- EQU Produto20~ 11000.000 11000.000     +INF     -0.196
---- EQU Produto21~     -INF   5500.000  5500.000      .
---- EQU Produto21~  5500.000  5500.000     +INF     -0.196
---- EQU Produto22~     -INF  29750.000 85000.000      .
---- EQU Produto22~ 29750.000 29750.000     +INF     -0.116
---- EQU Produto23~     -INF  99283.386 4.8025E+5      .
---- EQU Produto23~ 96050.000 99283.386     +INF      .
---- EQU Produto24~     -INF  33067.000 87018.000      .
---- EQU Produto24~ 33067.000 33067.000     +INF     -0.016
---- EQU Produto25~     -INF   4000.000  4000.000     0.126
---- EQU Produto25~  4000.000  4000.000     +INF      .
---- EQU Produto26~     -INF   1600.000  8000.000      .
---- EQU Produto26~  1600.000  1600.000     +INF     -0.171
---- EQU Produto27~     -INF  4.8455E+5 5.5047E+5      .
---- EQU Produto27~ 2.2019E+5 4.8455E+5     +INF      .
---- EQU Produto28~     -INF  24000.000 60000.000      .
---- EQU Produto28~ 24000.000 24000.000     +INF     -0.075
---- EQU Produto29~     -INF  90000.000 90000.000     0.189
---- EQU Produto29~ 85500.000 90000.000     +INF      .
---- EQU Produto30~     -INF  70000.000 70000.000     0.180
---- EQU Produto30~ 35000.000 70000.000     +INF      .
---- EQU Produto31~     -INF  36000.000 90000.000      .
---- EQU Produto31~ 36000.000 36000.000     +INF     -0.191
---- EQU Produto33~     -INF  68408.451 1.1362E+5      .
---- EQU Produto33~ 39765.000 68408.451     +INF      .
---- EQU Produto34~     -INF  90000.000 1.5000E+5      .
---- EQU Produto34~ 90000.000 90000.000     +INF     -0.164
---- EQU Produto35~     -INF  1.7808E+5 4.0000E+5      .
---- EQU Produto35~ 1.6000E+5 1.7808E+5     +INF      .
---- EQU Produto36~     -INF  24000.000 60000.000      .
---- EQU Produto36~ 24000.000 24000.000     +INF     -0.349
---- EQU Produto37~     -INF  1.8260E+5 1.8260E+5     0.156
---- EQU Produto37~ 54781.000 1.8260E+5     +INF      .
---- EQU Produto38~     -INF  73340.000 73340.000     0.141
---- EQU Produto38~ 29336.000 73340.000     +INF      .
---- EQU Produto39~     -INF  44586.000 44586.000     0.143
---- EQU Produto39~ 17834.000 44586.000     +INF      .
```

```
---- EQU Produto40~     -INF  1.7984E+5 1.7984E+5     0.147
---- EQU Produto40~ 1.1690E+5 1.7984E+5     +INF       .
---- EQU Produto41~     -INF  61174.000 61174.000     0.138
---- EQU Produto41~ 21411.000 61174.000     +INF       .
---- EQU Produto42~     -INF  1.0629E+5 1.0629E+5     0.028
---- EQU Produto42~ 42514.000 1.0629E+5     +INF       .
---- EQU Produto43~     -INF  5.6267E+5 1.8032E+6      .
---- EQU Produto43~ 4.5080E+5 5.6267E+5     +INF       .
---- EQU Produto44~     -INF  60000.000 60000.000     0.082
---- EQU Produto44~ 18000.000 60000.000     +INF       .
---- EQU Produto45~     -INF   1000.000  1000.000     1.152
---- EQU Produto45~   550.000  1000.000     +INF       .
---- EQU Produto46~     -INF   1000.000  1000.000     0.098
---- EQU Produto46~  1000.000  1000.000     +INF       .
---- EQU Produto47~     -INF  20000.000 20000.000     0.045
---- EQU Produto47~ 20000.000 20000.000     +INF       .
---- EQU Produto51~     -INF  1.3939E+5 1.4598E+5      .
---- EQU Produto51~ 87586.000 1.3939E+5     +INF       .
---- EQU Produto52~     -INF  3.3760E+5 8.0440E+5      .
---- EQU Produto52~ 16880.000 3.3760E+5     +INF       .


                LOWER     LEVEL     UPPER    MARGINAL

---- VAR Q1           .   25000.000     +INF       .
---- VAR Q2           .   28786.000     +INF       .
---- VAR Q3           .   71365.281     +INF       .
---- VAR Q4           .   92001.000     +INF       .
---- VAR Q5           .   25000.000     +INF       .
---- VAR Q6           .   96558.000     +INF       .
---- VAR Q7           .    4400.000     +INF       .
---- VAR Q8           .   21000.000     +INF       .
---- VAR Q9           .   21600.000     +INF       .
---- VAR Q10          .   16500.000     +INF       .
---- VAR Q11          .   11000.000     +INF       .
---- VAR Q12          .    7676.582     +INF       .
---- VAR Q13          .    7700.000     +INF       .
---- VAR Q14          .   36000.000     +INF       .
---- VAR Q15          .   10000.000     +INF       .
---- VAR Q16          .   18700.000     +INF       .
---- VAR Q17          .   10450.000     +INF       .
---- VAR Q18          .   11000.000     +INF       .
---- VAR Q19          .   10200.000     +INF       .
---- VAR Q20          .   11000.000     +INF       .
---- VAR Q21          .    5500.000     +INF       .
---- VAR Q22          .   29750.000     +INF       .
---- VAR Q23          .   99283.386     +INF       .
---- VAR Q24          .   33067.000     +INF       .
---- VAR Q25          .    4000.000     +INF       .
---- VAR Q26          .    1600.000     +INF       .
---- VAR Q27          .   4.8455E+5     +INF       .
---- VAR Q28          .   24000.000     +INF       .
---- VAR Q29          .       .         +INF     -0.079
---- VAR Q30          .   70000.000     +INF       .
---- VAR Q31          .   36000.000     +INF       .
---- VAR Q32          .   90000.000     +INF       .
---- VAR Q33          .   68408.451     +INF       .
---- VAR Q34          .   90000.000     +INF       .
---- VAR Q35          .   1.7808E+5     +INF       .
---- VAR Q36          .   24000.000     +INF       .
```

```
---- VAR Q37          .  1.8259E+5    +INF      .
---- VAR Q38          .       .       +INF      EPS
---- VAR Q39          .  44586.000    +INF      .
---- VAR Q40          .       .       +INF      EPS
---- VAR Q41          .  61174.000    +INF      .
---- VAR Q42          .  1.0629E+5    +INF      .
---- VAR Q43          .  5.6267E+5    +INF      .
---- VAR Q44          .  60000.000    +INF      .
---- VAR Q45          .   1000.000    +INF      .
---- VAR Q46          .   1000.000    +INF      .
---- VAR Q47          .  20000.000    +INF      .
---- VAR Q48          .    17.655     +INF      .
---- VAR Q49          .  73340.000    +INF      .
---- VAR Q50          .  1.7984E+5    +INF      .
---- VAR Q51          .  1.3939E+5    +INF      .
---- VAR Q52          .  3.3760E+5    +INF      .
---- VAR z         -INF  4.7260E+5    +INF      .
```

GLOSSÁRIO

Lay-out — Do inglês, significa projeto ou esquema de uma obra apresentados graficamente.

Mix — O *mix*, do inglês “combinação”, é utilizado para indicar uma quantidade diferente de produtos que são produzidos ao mesmo tempo ou em intervalo curto de tempo.

Set-up — O *set-up*, do ingles “contratempo”, é utilizado para indicar o tempo total gasto na troca de moldes em cada máquina.

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR
CEP 87020-900
Tel: (044) 3261-4324 / 4219 Fax: (044) 3261-5874