

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

**Um estudo da aplicação de programação linear em
Engenharia de Produção**

Renato Philippi Dorta

TCC-EP-87-2012

Maringá - Paraná

Brasil

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

**Um estudo da aplicação de programação linear em
Engenharia de Produção**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador(a): Prof^(a). MSC. Gislanine Camila Lapasini Leal

**Maringá - Paraná
2012**

Epígrafe

Dedico este trabalho a meu pai, Celso Dorta, que me apoiou e sempre acreditou em mim em toda minha vida, me apoiando em todos os momentos e decisões, sempre pensando no melhor para seu filho. Dedico este trabalho a ele, que não está mais presente na minha vida, pois tenho certeza que estaria feliz em participar destes momentos finais comigo e mesmo não estando presente sei que continua protegendo seu filho de onde estiver.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais Tânia e Celso e meus irmãos Renan e Marcel, que sempre me apoiaram desde o momento em que decidi morar em Maringá e sempre estiveram do meu lado por todos estes anos me ajudando sempre.

Agradeço a minha orientadora, professora Camila, que se mostrou uma grande amiga neste ano final de universidade, me dando forças em momentos de fraqueza e me incentivando, acreditando que eu era capaz de concluir este trabalho, mesmo quando nem mesmo eu acreditava.

Muitas amizades foram criadas neste cinco anos, mas agradeço principalmente meus amigos Luiz Felipe, Ricardo, Gabriel, Victor, Fábio, João, Tácito, Natalia, Patrícia, Lívia e Lucas por terem me proporcionado todas as risadas, momentos de companheirismo e por terem sido minha família em Maringá durante todos estes anos, tornando eles os 5 melhores anos da minha vida.

No mais agradeço a Deus por ter me permitido passar por todos estes anos com saúde e tranquilidade.

RESUMO

A programação linear tem se mostrado uma importante ferramenta de auxílio a tomada de decisão para os mais diversos tipos de empresa. Na engenharia de produção pode-se observar o uso da programação linear como ferramenta de auxílio na resolução de problemas de otimização em diversas áreas de estudo do curso. Este trabalho buscou analisar todos os trabalhos publicados com aplicações da programação linear na engenharia de produção nos anos de 2002 a 2012 nos principais eventos e revistas relacionados ao tema. Foram selecionados 30 trabalhos para o estudo e foi possível observar os resultados dos trabalhos, ferramentas utilizadas na resolução dos modelos matemáticos e por fim foi possível observar a relação entre a programação linear e as áreas da Engenharia de Produção.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, Programação Linear.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Definição e delimitação do problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo geral	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Metodologia.....	3
1.5 Estrutura do trabalho	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Pesquisa Operacional.....	5
2.2 Programação Linear	6
3 DESENVOLVIMENTO.....	10
3.1 Fontes de pesquisa	10
3.2 Mapeamento	11
3.3 Aplicação em Engenharia de Operação e Processos da Produção	21
3.4 Aplicação em Logística	26
3.5 Aplicação em Engenharia Econômica.....	27
3.6 Aplicação em Pesquisa Operacional.....	29
3.7 Aplicação em Outras Áreas	29
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
4.1 Contribuições.....	30
4.2 Dificuldades e Limitações	30
4.3 Trabalhos Futuros.....	30

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Filtros de seleção e numero de artigos selecionados.....	11
Figura 2: Artigos de PL publicados por ano.....	12
Figura 3: Artigos de PL publicados por fonte de pesquisa.....	13
Figura 4: Artigos de PL publicados por área de aplicação.	20
Figura 5: Ferramentas utilizadas na resolução dos modelos.	21

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Artigos publicados no ano de 2004	14
Quadro 2: Artigos publicados no ano de 2006	15
Quadro 3: Artigos publicados no ano de 2007	15
Quadro 4: Artigos publicados no ano de 2008	16
Quadro 5: Artigos publicados no ano de 2009	16
Quadro 6: Artigos publicados no ano de 2010	17
Quadro 7: Artigos publicados no ano de 2011	18
Quadro 8: Artigos publicados no ano de 2012	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNMAC – Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional;

ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção;

MPI – Método de Pontos Interiores;

PL – Programação Linear;

PO – Pesquisa Operacional;

SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional;

SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção;

SOBRAPO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional;

SPOLM – Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha.

1 INTRODUÇÃO

A evolução da competitividade têm levado as empresas à busca constante do desenvolvimento de seus processos administrativos e de produção, visando sustentabilidade e crescimento. O foco em sustentabilidade e crescimento baseia-se principalmente na redução de custos como fator chave do sucesso, buscando entregar a seus consumidores produtos com excelente qualidade a custos razoáveis (SIMCHAK *et al*, 2011).

Segundo Lachtermacher¹(*apud* Ferreira e Bacheга, 2011), gerentes de organizações se deparam constantemente com situações em que devem tomar decisões levando em consideração diversas alternativas conflitantes e concorrentes, perante essa situação tais decisões podem ser tomadas utilizando-se a intuição gerencial ou realizando um processo de modelagem da situação.

Dentro deste cenário, observa-se a busca constante por ferramentas computacionais que possam auxiliar neste processo de gestão de recursos, tais ferramentas devem ser capazes de processar dados e fornecer informações confiáveis para auxiliar nas tomadas de decisão.

A Programação Linear (PL) é uma ferramenta que tem sido muito utilizada para problemas de otimização de diversas áreas. Segundo Taha (2002) esta técnica é utilizada numa ampla série de aplicações, incluindo agricultura, transporte, economia, sistema de saúde, ciências sociais e comportamentais e militar. Na engenharia de produção esta ferramenta vem sendo muito utilizada na área de gestão de operações, logística e engenharia econômica.

Diversos trabalhos são publicados anualmente em diversos eventos e revistas com exemplos de aplicação da programação linear como ferramenta de auxílio a tomada de decisões em diferentes cenários.

¹ LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 3. ed. Rio de Janeiro – RJ. Elsevier, c2007, 213p.

Neste estudo foi realizada uma busca dos trabalhos sobre programação linear publicados entre os anos de 2002 e 2012 nos principais eventos e revistas que englobam o tema, posteriormente foram feitas análises e comparações sobre as aplicações encontradas.

1.1 Justificativa

Ferramentas matemáticas e computacionais tem se mostrado poderosas ferramentas quando se trata de adquirir informações que auxiliam na tomada de decisão. A PL tem sido muito utilizada por empresas dos mais diversos ramos na busca de informações precisas e confiáveis para auxiliar na tomada de decisões.

A PL consiste na alocação ótima de recursos, permitindo ao gestor se apoiar em dados quantitativos para a tomada de decisão.

Na engenharia de produção, a Pesquisa Operacional (PO) é a área que dá suporte as demais áreas por meio da resolução de problemas. Neste trabalho busca-se mapear as áreas de aplicação da PO, características dos problemas e ferramentas utilizadas na resolução dos problemas.

A justificativa para elaboração deste trabalho foi a de encontrar as aplicações de PL já feitas nas áreas de engenharia de produção, de forma que essas possam servir de apoio para futuros trabalhos.

1.2 Definição e delimitação do problema

O problema consiste em identificar alguns trabalhos da área de engenharia de produção que utilizam a Programação Linear, e com isso mapear as áreas de aplicação da programação linear em Engenharia de Produção, bem como identificar as ferramentas utilizadas na resolução dos modelos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Analisar a aplicação da programação linear como ferramenta de auxílio em processos de tomada de decisão na Engenharia de Produção.

1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Pesquisar literaturas acerca de pesquisa operacional e programação linear;
- Identificar áreas da engenharia de produção que podem utilizar a programação linear como ferramenta de apoio a tomada de decisão;
- Identificar as ferramentas utilizadas para resolução dos modelos matemáticos;

1.4 Metodologia

Segundo Gil (2002), pesquisa pode ser definida como procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

Ainda segundo Gil (2002), as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições.

Este trabalho trata-se de uma pesquisa exploratória qualitativa, realizada por meio de revisão bibliográfica.

As etapas para realização desta pesquisa foram:

- Revisão de literatura: consiste na busca de trabalhos sobre programação linear publicados nos principais eventos e revistas que englobam o tema;
- Seleção: consiste em selecionar os trabalhos a serem analisados, excluindo publicações encontradas que não se enquadram no tema;
- Análise: esta etapa consiste em identificar as ferramentas utilizadas para solucionar os problemas selecionados.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho encontra-se dividido em quatro capítulos. O Capítulo 1 contém uma seção introdutória, onde são descritos a justificativa do trabalho, definição e delimitação do problema, objetivos gerais, objetivos específicos, metodologia e estrutura do trabalho.

Na sequência, o Capítulo 2 é composto pela revisão de literatura a respeito de pesquisa operacional e programação linear.

O Capítulo 3 apresenta o desenvolvimento, em que é apresentado o mapeamento das aplicações de Programação Linear em Engenharia de Produção.

Por fim, o Capítulo 4 contém as considerações finais do trabalho, destacando as contribuições do trabalho, dificuldades e limitações encontradas e prospecção de trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este Capítulo contém a revisão de literatura sobre Pesquisa Operacional e Programação Linear.

2.1 Pesquisa Operacional

De acordo com a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO, 2010), a Pesquisa Operacional (PO) é uma ciência aplicada que utiliza métodos quantitativos para resolução de problemas reais, com foco na tomada de decisão. A PO fornece dados que podem ser utilizados para avaliar medidas de ação e encontrar soluções que podem levar uma empresa a atingir seus objetivos.

Segundo Hillier e Lieberman (1995) a PO foi utilizada pela primeira vez durante a segunda guerra mundial, devido a urgente necessidade de alocação de recursos escassos para diversas operações militares, onde cientistas foram designados para realizar o estudo.

No início da década de 1950, diversas organizações, como indústrias e até mesmo o governo, já investiam nessa prática para auxiliar a tomada de decisão (HILLIER e LIEBERMAN, 1995).

Segundo Tavares (2008), a decisão é algo que está presente todos os dias em diversas situações. Em empresas, os processos de tomada de decisão estão cada vez mais complexos. Devido a isso, tornou-se necessário o uso de ferramentas computacionais que possam processar uma grande quantidade de dados e gerar informações confiáveis que auxiliem no processo decisório.

Em PO, tem-se a programação linear, programação inteira e programação mista como modelos que auxiliam na representação matemática do problema de otimização.

2.2 Programação Linear

Segundo Loesch e Hein² (*apud* Konagano *et al.*, 2011), a primeira etapa para a busca da resolução de um problema de programação linear é a modelagem matemática. Após definido o modelo, este pode ser resolvido computacionalmente e os resultados podem ser interpretados para que se implementem mudanças.

De acordo com Arenales (2007) para formular um modelo matemático deve ser levado em consideração simplificações razoáveis do problema real, e a validação do modelo depende da solução do modelo ser coerente com o contexto original, sendo assim, o modelo matemático caracteriza uma representação simplificada da situação real.

Segundo Bazarra *et al.* (2010) a PL trata de problemas que consistem em maximizar ou minimizar uma função linear na presença de restrições de igualdade ou desigualdade também lineares. A programação linear tem sido intensivamente usada no campo militar, industrial, governamental e planejamentos urbanos.

De acordo com Goldbarg e Luna (2000), a PL é caso particular dentro os modelos de programação em que as variáveis são contínuas e com comportamento linear, ambos em relação as restrições e à função objetivo, o que é importante devido a eficiência dos algoritmos de solução existentes e a possibilidade da transformação dos modelos de programação não linear em modelos de PL.

Ainda segundo Goldbarg e Luna (2000), os modelos de PL são tipos especiais de modelos de otimização, e para que um sistema possa ser representado por meio de um modelo de PL, este deve possuir as seguintes características:

- Proporcionalidade: a quantidade de recurso consumido por uma dada atividade deve ser proporcional ao nível dessa atividade na solução final do problema, e o custo de cada atividade é proporcional ao nível de cada atividade;

² LOESH, C.; HEIN, N. **Pesquisa Operacional: Fundamentos e Modelos.** Blumenau. Furb, 1999, 270p.

- Não Negatividade: deve ser sempre possível desenvolver cada atividade em qualquer nível não negativo e qualquer proporção de um dado recurso deve sempre poder ser utilizado;
- Aditividade: o custo total é a soma das parcelas associadas a cada atividade;
- Separabilidade: pode-se identificar de forma separada o custo (ou consumo de recursos) específico das operações de cada atividade.

A popularidade da programação linear pode ser atribuída a vários fatores, incluindo sua capacidade de modelar problemas extensos e complexos e a capacidade dos usuários de resolver tais problemas em uma quantidade razoável de tempo com o uso de algoritmos efetivos e computadores modernos.

Ainda segundo Goldbarg e Luna (2000), tem-se a seguinte forma geral do Problema de Programação Linear (PPL):

$$\text{Otimizar } x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq d_i \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq d_i \quad i = p + 1, p + 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, q$$

$$x_j \in R, \quad j = q + 1, q + 2, \dots, n$$

Adotando as seguintes notações:

$M = \{1, 2, \dots, m\}$, o conjunto de índices das restrições do problema;

$N = \{1, 2, \dots, n\}$, o conjunto de índice das variáveis.

$M_1 \subset M$ e $N_1 \subset N$;

$A = \{a_{ij}\} \equiv$ matriz de restrições;

$a_j \equiv$ j-ésima coluna de A;

$x = (x_j), j \in N$ / vetor coluna de n componentes;

$c = (c_j), j \in N$ / vetor linha de n componentes;

$d = (d_i), i \in M$ / vetor coluna de m componentes.

O termo otimizar foi utilizado genericamente para representar a possibilidade de maximizar ou minimizar uma função objetivo.

Segundo Arenales *et al.* (2007) existem exemplos de problemas que podem ser formulados como problemas de otimização nas mais variadas áreas. Segue abaixo os exemplos de aplicação:

- Problemas de mistura: problemas que consistem em combinar materiais obtidos na natureza (ou restos de outros já combinados anteriormente) para gerar novos materiais ou produtos com características convenientes. É um dos primeiros problemas de otimização linear implementados com sucesso na prática;
- Problemas de transporte, transbordo e designação: estes problemas referem-se ao transporte ou distribuição de produtos dos centros de produção aos mercados consumidores. Os produtos podem ser os mais variados possíveis: petróleo, equipamentos, máquinas, produção agrícola, energia elétrica, etc. O problema consiste em transportar o produto dos centros de produção aos mercados consumidores de modo que o custo total de transporte seja o menor possível;
- Problemas de planejamento da produção: a classe deste tipo de problema é bastante ampla, e vários destes problemas podem ser modelados por meio de otimização linear, como problemas de mix de produção, seleção de processos e dimensionamento de lotes;
- Problemas de gestão financeira: são modelos que podem ser utilizados para apoiar decisões em problemas de gestão financeira, por exemplo, no gerenciamento do fluxo de caixa;

- Problemas de corte e empacotamento: é um problema de otimização que consiste em cortar os objetos para a produção dos itens nas quantidades solicitadas, de modo que a perda de material dos objetos seja mínima. De forma análoga, defini-se o problema de empacotamento, em que itens devem ser alocados em objetos de modo que o espaço vazio dos objetos seja minimizado;
- Ajuste de curvas: este problema tem aplicação em diversas áreas e consiste, em geral, em buscar uma lei que rege um fenômeno observável, o qual depende de um conjunto de fatores controláveis.

De acordo com Prado³ (*apud* Neto e Zanella, 2007), estudos estatísticos tem mostra que hoje a programação linear é uma das técnicas mais utilizadas da pesquisa operacional e é cada vez mais comum o uso desta ferramenta nas rotinas das empresas, auxiliando no planejamento das mesmas.

³ PRADO, D. **Programação Linear**. Belo Horizonte: MG, 1999.

3 DESENVOLVIMENTO

Neste Capítulo são detalhadas as fontes de pesquisa, o método de busca utilizado e são discutidos os resultados obtidos com o mapeamento dos trabalhos.

3.1 Fontes de pesquisa

A pesquisa foi realizada por meio de uma busca de artigos publicados sobre programação linear nos principais eventos e revistas da área de Engenharia de Produção. Para o processo de busca foram consideradas as publicações entre os anos de 2002 e 2012 nas seguintes fontes:

- SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção;
- ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção;
- SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional;
- Revista Gestão e Produção;
- Revista Gestão Industrial;
- Revista GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas;
- CNMAC – Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional;
- Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção;
- SPOLM – Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha.

Algumas das fontes utilizadas na busca não possuíam os anais de todos os anos disponíveis para consulta, limitando a busca apenas para períodos mais recentes, como foi observado no caso da Revista Gestão Industrial e da Revista Gepros, que possuem anais a partir de 2005 disponíveis, a Revista Ingepro com publicações a partir do ano de 2009, o CNMAC com anais a partir do ano de 2008 e por fim o SPOLM apenas com artigos da edição atual disponíveis para consulta

3.2 Mapeamento

A Figura 1 ilustra o método de busca e critérios de seleção e exclusão utilizados para o mapeamento.

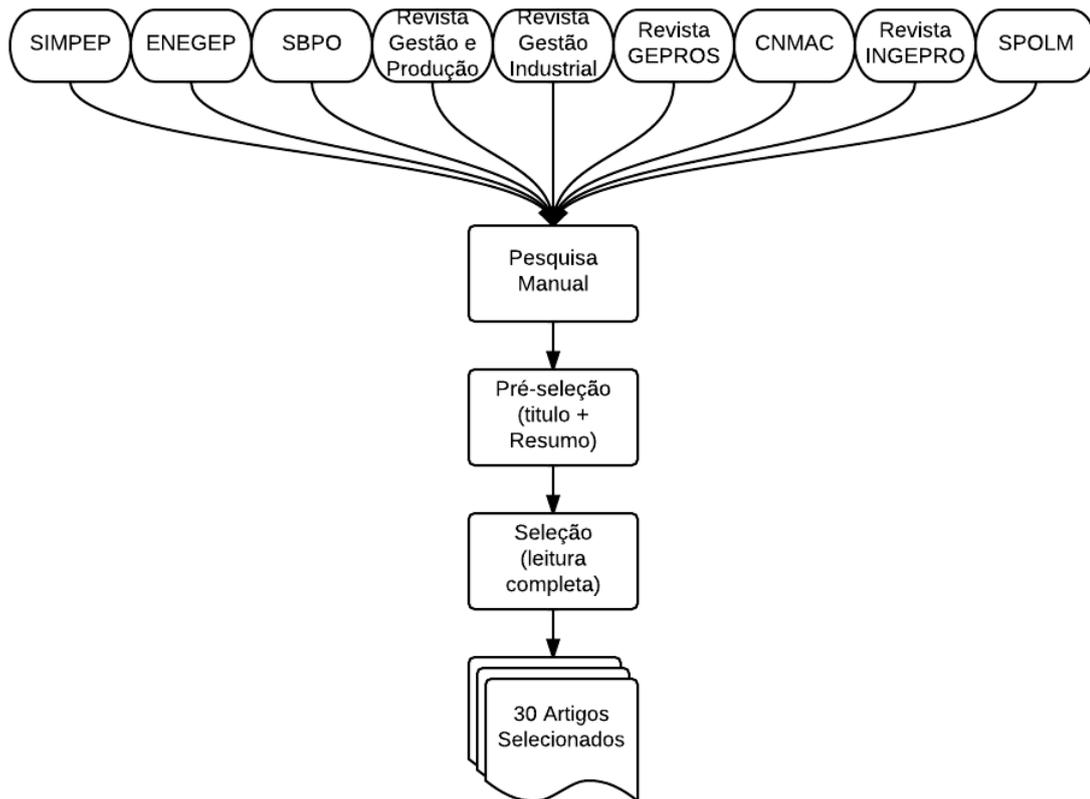


Figura 1: Filtros de seleção e número de artigos selecionados.

Foram selecionados 30 trabalhos. Estes trabalhos foram catalogados, destacando-se as seguintes informações dos mesmos: título, ano de publicação, fonte, ferramenta utilizada na solução do problema e área de aplicação.

As áreas de aplicação foram definidas de acordo com as apresentadas no site da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) na qual os artigos foram catalogados:

- Engenharia de Operações e Processos da Produção;
- Logística;

- Engenharia Econômica;
- Pesquisa Operacional;
- Engenharia da Qualidade;
- Engenharia do Produto;
- Engenharia Organizacional;
- Engenharia do Trabalho;
- Engenharia da Sustentabilidade;
- Educação em Engenharia de Produção;

A Figura 2 mostra a quantidade de artigos publicados por ano.



Figura 2: Artigos de PL publicados por ano.

De acordo com o gráfico não foi possível definir uma tendência em relação as publicações de trabalhos sobre aplicações da PL, o maior número de publicações encontra-se no ano de 2009,

com 6 trabalhos publicados, e o menor foi no ano de 2005 onde não foi encontrado nenhum trabalho.

A queda no número de artigos encontrados no ano de 2012 ocorre devido ao fato de que nem todos os eventos já ocorreram neste ano e não há disponibilidade de anais para pesquisa. Entretanto, de acordo com o comportamento do gráfico, espera-se um aumento no número de publicações em relação aos anos anteriores.

A Figura 3 mostra a quantidade de artigos publicados por fonte de pesquisa.



Figura 3: Artigos de PL publicados por fonte de pesquisa.

Observa-se que os eventos que mais publicaram artigos sobre programação linear foram o Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e o Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), compondo uma parcela de 70% dos trabalhos encontrados.

Outras fontes contribuíram com um número menor de publicações, devido à quantidade de artigos publicados ser menor em relação aos grandes congressos..

O Quadro 1 mostra as primeiras publicações encontradas nos eventos, no ano de 2004, onde já se observa aplicações em diferentes áreas da engenharia de produção.

Título	Fonte	Ano	Ferramenta	Área
Otimização do planejamento produtivo a partir da programação linear uma aplicação na pecuária leiteira	SIMPEP	2004	SOLVER	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Uma proposta de um sistema de apoio à decisão para organização de horários em instituições de ensino superior utilizando programação linear	SIMPEP	2004	SOLVER	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Teoria das restrições e programação linear. Uma análise sobre o enfoque de otimização da produção.	ENEPEP	2004	Outros	Pesquisa Operacional
Otimização da logística de abastecimento em uma indústria siderúrgica - um estudo de caso.	ENEPEP	2004	SOLVER - SIMPLEX	Logística

Quadro 1: Artigos publicados no ano de 2004.

Após 2004 houve uma queda no número de artigos publicados, com nenhum trabalho no ano de 2005 e apenas 2 trabalhos no ano de 2006.

O Quadro 2 mostra os artigos publicados no ano de 2006.

Título	Fonte	Ano	Ferramenta	Área
Modelo computacional para formulação de rações de mínimo custo para pequenos ruminantes utilizando programação linear	SIMPEP	2006	SIMPLEX	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Teste do modelo de otimização de carteiras pelo índice beta	ENEGEP	2006	SOLVER	Engenharia Econômica

Quadro 2: Artigos publicados no ano de 2006.

O Quadro 3 contém os artigos publicados no ano de 2007.

Título	Fonte	Ano	Ferramenta	Área
Elementos de programação matemática: aplicações ao problema do fluxo de potência ótimo linearizado	SIMPEP	2007	SIMPLEX / MPI	Pesquisa Operacional
Planejamento da Produção com a utilização do solver-excel na empresa Bondio Alimentos S.A.	ENEGEP	2007	SOLVER	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Análise da viabilidade de integração entre rotas de longo curso e de cabotagem utilizando um modelo matemático.	ENEGEP	2007	Outros	Logística

Quadro 3: Artigos publicados no ano de 2007.

O Quadro 4 mostra os artigos encontrados no ano de 2008.

Título	Fonte	Ano	Ferramenta	Área
Um modelo de planejamento agregado da produção para otimizar o mix de produtos e clientes em uma indústria metal-mecânica	ENECEP	2008	Outros	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Aplicação da programação linear no problema de origem e destino de uma empresa de mineração	ENECEP	2008	GLPK Software	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Otimização na produção de colchões	CNMAC	2008	Outros	Engenharia de Operações e Processos da Produção

Quadro 4: Artigos publicados no ano de 2008.

De acordo com os quadros acima, nota-se um aumento gradativo no número de trabalhos publicados, no ano de 2009 este número aumenta para 6 trabalhos publicados, sendo 5 na área de Engenharia de Operações e processos de Produção e 1 na área de Engenharia Econômica. O Quadro 5 mostra os artigos publicados no ano de 2009.

Título	Fonte	Ano	Ferramenta	Área
Modelo de decisão para alicação de recursos humanos em projetos de sistema de informação	ENECEP	2009	Outros	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Modelo de alocação de recursos no setor de compras: uma proposta para o ramo supermercadista	ENECEP	2009	Lingo	Engenharia de Operações e Processos da Produção

A programação linear utilizada na otimização de retorno de débitos de clientes inadimplentes em concessionária de energia elétrica	ENESEP	2009	Solver	Engenharia Econômica
Otimização econômica, sob condição de risco, para agricultores familiares das regiões norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro	SBPO - PO Desenv.	2009	Outros	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Otimização da etapa de pré aquecimento da carga de uma unidade de craqueamento catalítico, fazendo uso da programação matemática e da metodologia "pinch" de recuperação energética em redes	SBPO - PO Desenv.	2009	Outros	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Programação linear no cálculo do custo mínimo da merenda escolar	CNMAC	2009	Lindo	Engenharia de Operações e Processos da Produção

Quadro 5: Artigos publicados no ano de 2009.

No ano de 2010 foi encontrado o primeiro trabalho com aplicação em outras áreas de estudo, além de 4 trabalhos com aplicação na Engenharia de Produção. O Quadro 6 contém os trabalhos encontrados no ano de 2010.

Título	Fonte	Ano	Ferramenta	Área
A programação linear na formação de portfólio de investimento	SIMPEP	2010	SOLVER	Engenharia Econômica
Utilização de pesquisa operacional para determinação da carteira de variância mínima no mercado acionário	ENESEP	2010	Solver	Engenharia Econômica
Otimização da programação de produção de blocos de concreto: um estudo de caso	ENESEP	2010	Lingo	Engenharia de Operações e Processos da Produção

Otimização no planejamento agregado de produção em indústrias de processamento de suco concentrado congelado de laranja	Revista Gestão e Produção	2010	Outros	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Mathematical programming approach to protein structure	CNMAC	2010	Outros	Outros

Quadro6: Artigos publicados no ano de 2010.

O Quadro 7 contém os artigos publicados no ano de 2011.

Título	Fonte	Ano	Ferramenta	Área
Aplicação da programação linear para a utilização e otimizada de recursos disponíveis em uma empresa de produção de camarão	SIMPEP	2011	SOLVER	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Programação linear: um estudo de caso sobre os custos de transporte em uma empresa do setor de confecções de Catalão - GO	ENEGEP	2011	Solver	Logística
Otimização de um processo produtivo por meio do uso conjunto da teoria das restrições com a programação linear: estudo de caso no segmento de plásticos descartáveis	ENEGEP	2011	Solver	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Aplicação da programação linear para alocação otimizada dos recursos disponíveis em uma empresa de produção de conservas de palmito	ENEGEP	2011	Solver	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Heterogeneity correction in the construction of optimized planning in radiotherapy using linear programming	SBPO - Revista PO	2011	GLPK Software	Outros

Quadro 7: Artigos publicados no ano de 2011.

Por fim, o Quadro 7 mostra os trabalhos encontrados no ano de 2012.

Título	Fonte	Ano	Ferramenta	Área
Programação linear como ferramenta de apoio a gestão de custos: um estudo de caso em uma indústria de usinagem	SBPO - PO Desenv.	2012	Lindo	Engenharia de Operações e Processos da Produção
Rede de fluxo de custo mínimo para a soja destinada ao processamento no centro sudeste brasileiro	SPOLM	2012	GAMS	Logística

Quadro 8: Artigos publicados no ano de 2012.

Nota-se que ao final da busca foram encontrados trabalhos com aplicações em 4 grandes áreas da engenharia de produção, sendo elas: Engenharia de Operações e processos de Produção, Engenharia Econômica, Logística e Pesquisa Operacional.

A Figura 4 mostra a quantidade de artigos publicados por área de aplicação.

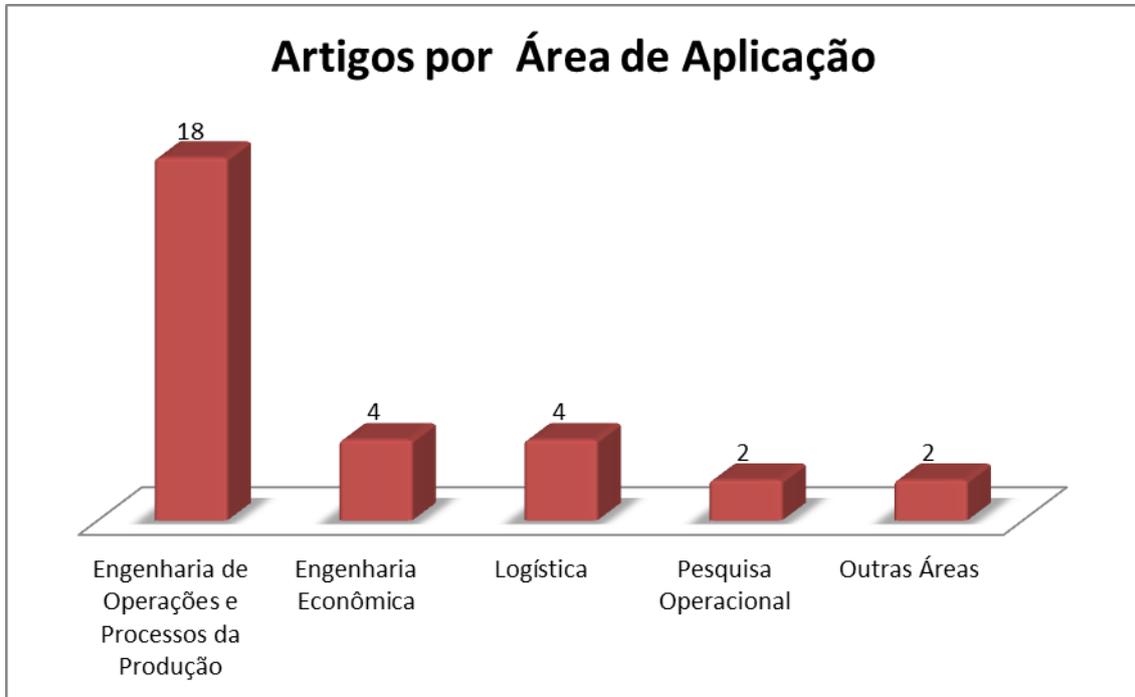


Figura 4: Artigos de PL publicados por área de aplicação.

A grande maioria das aplicações encontradas se concentra na área de Engenharia de Operações e Processos da Produção, representando 60% do total de trabalhos.

Outras aplicações encontradas com menos artigos publicados foram nas áreas de Engenharia Econômica, Logística, Pesquisa Operacional. Foram encontrados também artigos com aplicações em áreas diferentes da engenharia de produção, como na medicina e na biologia.

A Figura 5 mostra as ferramentas mais utilizadas para solucionar os modelos de programação linear encontrados nos artigos.

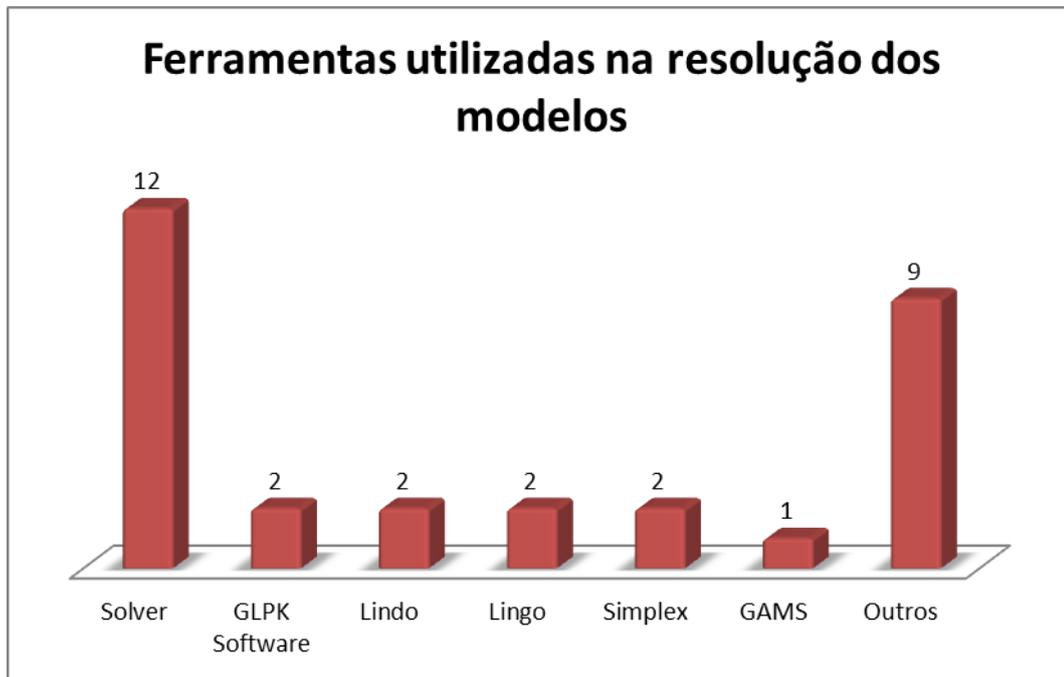


Figura 5: Ferramentas utilizadas na resolução dos modelos.

Dentre as diversas ferramentas existentes para solucionar problemas de programação linear, nota-se que na grande maioria dos casos utiliza-se o Solver, componente do MS Office Excel. A ferramenta foi utilizada em 40% dos casos.

3.3 Aplicação em Engenharia de Operações e Processos da Produção

A maioria das aplicações nessa área são voltadas para problemas de planejamento e controle de produção, com foco na otimização do uso de recursos disponíveis ou na definição do melhor mix de produção a ser adotado.

Notam-se tais tipos de aplicação em diferentes tipos de indústria, como na indústria de alimentos, metal-mecânica, mineração, pecuária, agroindústria, indústria do petróleo, usinagem, construção civil e supermercados.

Em 2004 foi publicado um artigo um modelo foi utilizado para otimizar a produção de leite, maximizando a quantidade de animais, consumindo da melhor forma os recursos possíveis. O modelo foi aplicado em uma propriedade produtora de leite situada no Triângulo Mineiro –

MG. O modelo foi resolvido utilizando-se o Solver, gerando relatórios para análise de sensibilidade do problema. O modelo atendeu o objetivo, mostrando-se flexível e de fácil adaptação (MEDEIROS *et al.*, 2004).

Foi encontrada também uma aplicação no mesmo ano onde foi utilizado um modelo de programação linear como ferramenta de apoio a tomada de decisão na organização do horário de aulas de professores de instituições de ensino superior, trazendo bons resultados e eficiência na elaboração dos horários considerando as limitações de disponibilidade de cada professor. O modelo proposto nesse trabalho foi resolvido também pelo Solver (KIKUCHI e SILVA, 2004).

Um trabalho publicado no SIMPEP no ano de 2006 apresenta um modelo que tem por objetivo minimizar os custos de ração de pequenos ruminantes. O modelo foi solucionado utilizando-se o Simplex e trouxe excelentes resultados. O modelo continuou a ser utilizado pela empresa, suprimindo a escassez de de tal tipo de sistema de apoio a tomada de decisão neste ramo de desenvolvimento de ração (SANTOS *et al.*, 2006)

No ano de 2007 foi encontrado um trabalho que mostra uma aplicação na indústria de alimentos, onde é proposto um modelo de programação linear para encontrar as quantidades ótimas a serem produzidas de cada produto a partir do corte de coxa e sobrecoxa de uma empresa. O modelo foi solucionado pelo Solver e foram feitas as análises de sensibilidade sobre os relatórios gerados. O modelo traz como resultado um aumento de 6,31% no faturamento da empresa, fazendo com que o modelo também seja testado com os outros produtos da empresa, para que possa ser aplicado a todos os itens que compõem o mix de produtos da empresa (NETO e ZANELLA, 2007).

Uma das aplicações encontradas no ano de 2008 relata um problema de mix de produção de uma indústria metal mecânica. O artigo não descreve a ferramenta utilizada para solução do modelo. Os resultados da aplicação foram positivos, ajudando a empresa a visualizar melhor a quantidade de estoque necessária para cada produto, que não estava coerente, permitindo ajustes nessa questão para trazer maiores ganhos financeiros (DONATO *et al.*, 2008).

Outra aplicação encontrada no mesmo ano apresenta um modelo que otimiza a receita final de uma empresa mineradora, dando um direcionamento inicial para a elaboração do melhor plano de Origem e Destino da empresa. Para solução do modelo foi utilizado o GLPK Software. O trabalho apresenta apenas resultados qualitativos, dando um direcionamento inicial para a empresa elaborar seu plano de ação (ABRAHÃO *et al.*, 2008).

O terceiro trabalho encontrado neste ano apresenta um modelo de programação linear com objetivo de minimizar o custo de produção de colchões de uma indústria. Os resultados gerados pelo modelo foram comparados com os dados de lucro anual da empresa. O artigo completo não se encontra disponível nos anais do CNMAC, limitando a coleta de informações a respeito do trabalho (RECCO e ZAQUEU, 2008).

Uma das aplicações do ano de 2009 propôs um modelo de programação linear de designação para auxiliar gestores de projetos de SI a alocarem da melhor forma a mão de obra disponível visando minimizar os custos dos projetos. O modelo facilitou a designação de funções para cada profissional disponível, otimizando o uso da mão de obra. O modelo não relata qual ferramenta foi utilizada para solucionar o modelo. Uma das limitações encontradas é que o modelo não resolve problemas para mais de um projeto ao mesmo tempo (COSTA *et al.*, 2009).

Outro trabalho encontrado em 2009 buscou elaborar um modelo de tomada de decisão para alocação de recursos para aquisição de mercadorias em um supermercado através de um modelo de programação linear, com objetivo de maximizar o lucro. Foi feita uma previsão máxima e mínima de demanda dos produtos com o histórico de vendas dos últimos 10 meses para criação das restrições de demanda do problema. Com a solução do modelo, notou-se pouca variação do montante previsto para o montante real obtido, e notou-se grande variação entre a quantidade prevista de venda e a quantidade real vendida, mostrando resultados insatisfatórios para o modelo de previsão de demanda utilizado, que foi feito pela média de vendas dos últimos 10 meses. A ferramenta utilizada para solução do modelo proposto foi o Lingo (ATAMANCZUK *et al.*, 2009).

Ainda em 2009 foi encontrado um trabalho com o objetivo obter sistemas de produção agrícola capazes de otimizar o uso de recursos de agricultores familiares das regiões norte e nordeste através do uso da programação linear. O modelo auxiliou na definição da área a ser utilizada para cada atividade agrícola, visando maximizar o lucro. O resultado do modelo apontou a goiaba como a melhor opção de cultivo para se atingir o objetivo desejado. Foram consideradas restrições de custo de mão de obra, quantidade de terra disponível e capital a ser investido. O trabalho não destaca qual ferramenta foi utilizada para resolução do modelo. Após a resolução do modelo foi feita ainda a análise de risco utilizando o modelo MOTAD (SOUZA *et al.*, 2009).

Uma das aplicações ainda de 2009 buscou a melhor integração energética no estudo de caso da otimização do pré-aquecimento da carga de um reator catalítico, em uma refinaria de petróleo, fazendo uso da programação matemática, buscando o menor número de trocadores de calor que atende aos requisitos energéticos mínimos necessários. O trabalho completo não se encontra disponível nos anais da revista PO Desenvolvimento, impossibilitando a extração de maiores informações (ROSSI e BANNWART, 2009).

O último trabalho do ano de 2009 relata o uso da programação linear para o cálculo do custo mínimo da produção da merenda escolar em um colégio estadual. Para solução do modelo foi utilizada a ferramenta Lindo. O artigo completo não se encontra disponível nos anais do CNMAC, limitando a coleta de informações a respeito do trabalho (SCUDELER e FAGUNDES, 2009).

Em 2010 um dos artigos apresenta um modelo que busca a otimização da programação da produção através da programação linear. O estudo foi feito em uma indústria que produz artefatos de concreto, no setor de produção de blocos de concreto. Foram aplicados modelos de dimensionamento de lotes monoestágio e de seleção de processos. Foram elaborados 3 modelos diferentes, um para minimizar falta ou atraso de produção, outro para minimizar números de períodos de produção com tempos de setup e um último para minimizar os produtos em estoque. Todos os modelos apresentaram bons resultados. Foi utilizado o software Lingo para resolução dos modelos (PEREIRA *et al.*, 2010).

A segunda e última aplicação encontrada neste ano trabalha com a programação linear e a programação por metas para criar um sistema de apoio a decisão no processo de planejamento da produção de suco concentrado de laranja. Para resolução dos modelos é utilizada uma linguagem de modelagem algébrica e um aplicativo de última geração de solução de problemas de programação matemática. O artigo completo não se encontra disponível nos Anais da Revista Gestão e Produção, impossibilitando a extração de mais informações (MUNHOZ e MORABITO, 2010).

Em 2011 um dos trabalhos publicados tem como objetivo maximizar os ganhos de uma empresa X por meio do uso da teoria das restrições e programação linear. Com um mix de 22 produtos diferentes, foi feito um levantamento de vendas para se determinar as demandas máximas e mínimas para cada item. Não são detalhados os custos e lucro gerados pela venda de cada item. O modelo foi solucionado pelo Solver (VIEIRA *et al.*, 2011).

Outro trabalho encontrado em 2011 teve como objetivo utilizar um modelo de programação linear para otimizar o uso de recursos de mão de obra, equipamentos e estoque com o intuito de minimizar custos em uma indústria alimentícia. O modelo foi solucionado pelo Solver. Como resultado observou-se que solução ótima tinha um custo de 8,945% menor do que a realidade atual da empresa. Observou-se também que havia excesso no quadro de funcionários da empresa (KONAGANO *et al.*, 2011).

A outra aplicação encontrada neste ano utilizou a programação linear para identificar a melhor forma de se utilizar os recursos de uma empresa que produz palmito em conserva. Para construção do modelo foram consideradas as previsões de demanda e os recursos disponíveis, tais como mão de obra, capacidade produtiva e estoque. O modelo foi implementado no aplicativo Solver. Com a solução do modelo pode-se observar que atualmente a empresa não utiliza seus recursos de forma otimizada, sendo possível a aplicação de melhorias e redução dos custos de produção (SANTOS *et al.*, 2011).

Foi encontrado 1 trabalho nesta área no ano de 2012, com o objetivo de desenvolver um sistema de gestão da produção através da programação linear, com intuito de permitir que o

gestor utilize modelo como sistema de apoio a tomada de decisão, simulando diferentes cenários a partir do cálculo da margem de contribuição e lucro. O modelo foi utilizado para definir o mix de produção otimizado, e foi resolvido pelo software Lindo. Foram consideradas restrições de tempo disponível para produção, custos de mão de obra, custo de matéria prima e limites de demanda. Com o modelo foi possível se definir o mix ótimo de produção, encontrar gargalos e também foi possível observar a possibilidade de cessar a produção de um dos itens (MARETH *et al.*, 2012).

Observa-se grande diversidade quanto a ferramenta utilizada para solucionar os modelos, como o Solver, Lindo, Lingo, GLPK Software e outras ferramentas.

3.4 Aplicação em Logística

A maioria dos trabalhos publicados na área de Logística encontra-se nas publicações do ENEGEP, contendo 75% dos trabalhos.

Em geral, as aplicações na área de logística tem como objetivo reduzir os custos de transporte rodoviário de empresas, com problemas que envolvem diferentes tipos de rota com diferentes tipos de custo de transporte, utilizando de modelos de programação linear para reduzir o custo do transporte entre diversas regiões, respeitando limitações de capacidade máxima de material a ser transportado e recebido por cada unidade de abastecimento.

Um trabalho publicado em 2004 no ENEGEP propõe um modelo para minimizar os custos de aquisição de sucata em uma indústria siderúrgica, considerando as quatro unidades produtivas que consomem e compram este insumo no mercado. São quatro usinas que adquirem sucata de N regiões distintas do Brasil. Para o custo foram utilizados o preço de compra da sucata em cada região e o custo de transporte da mesma para a respectiva usina consumidora. O modelo foi solucionado usando o suplemento Solver. Com o resultado obtido pelo modelo e as análises de sensibilidade realizadas, tem-se ganhos de mais de 1 milhão de reais por ano, com todas as propostas de mudança observadas (CARVALHO *et al.*, 2004).

Em 2007 foi publicado um artigo que trata de um problema de logística de transporte marítimo, que objetiva analisar a viabilidade de mesclar cargas de cabotagem com cargas de longo curso para navios que atendem somente o serviço de longo curso. O trabalho foi realizado em uma empresa de navegação de carga geral containerizada. Os resultados mostraram que a combinação dos dois tipos de carga pode maximizar a utilização da capacidade dos navios e aumentar a produtividade dos containers, reduzindo custos e aumentando a receita final obtida. O artigo não destaca qual ferramenta foi utilizada para solução do modelo matemático (YOSHIZAKI *et al.*, 2007).

O artigo publicado na área de Logística em 2011 propõe um modelo de PL com o objetivo de reduzir os custos de transporte de uma empresa de confecção industrial da cidade de Catalão-GO. O transporte era realizado por 4 empresas terceirizadas, foi feita uma pesquisa nessas empresas para se descobrir os custos de transporte, prazo de entrega e capacidade máxima de carga permitida para descobrir as limitações de cada empresa para determinação das restrições do modelo. Foi utilizado o Solver como ferramenta para resolução do modelo. Com os resultados obtidos observou-se uma possível redução de 9,34% dos custos de transporte da empresa (FERREIRA e BACHEGA, 2011).

O último trabalho publicado nesta área, no ano de 2012 tem como objetivo simular situações de logística da soja brasileira e identificar a rota de menor custo de transporte, considerando 37 fontes, 22 destinos e sete nós intermediários. Foram feitos 3 modelos, 1 para redução dos custos de transporte e 2 para os custos de transbordo. O modelo foi solucionado utilizando a linguagem de modelagem GAMS. Com a simulação foi possível determinar as melhores cidades para se tornarem pontos de transbordo, reduzindo até 7,5% do custo de transporte total (PEIXOTO e PINTO, 2012).

3.5 Aplicação em Engenharia Econômica

Foram encontrados 4 trabalhos com aplicação na área de Engenharia Econômica.

O primeiro trabalho, publicado em 2006, utilizou um modelo de PL para otimizar uma carteira de investimento do ano de 2002 e testar o modelo até 2005 comparando com o

retorno do IBOVESPA e com carteiras de outras pessoas físicas. A carteira de investimentos otimizada após a solução do modelo pelo Solver obteve resultados melhores do que a carteira das pessoas entrevistadas. a carteira apresentou também um resultado muito melhor do que o retorno do índice IBOVESPA, com uma diferença de 100% de retorno adicional (JUNIOR e GONÇALVEZ, 2006).

Em 2009, foi publicado um artigo que mostra um modelo de programação linear que tem por objetivo auxiliar nas decisões gerenciais de uma concessionária de energia. O modelo busca otimizar os gastos com corte de energia de clientes inadimplentes de forma a maximizar o lucro da empresa. Foi analisado o custo para realizar o corte em cada região onde a empresa atendia, assim como o número de clientes inadimplentes em cada região, para que pudessem ser criadas as restrições. O modelo foi aplicado em uma empresa fictícia e após resolução do modelo obteve-se recuperação de 63,4% do debito de inadimplentes. Para solução do modelo matemático foi utilizado o Solver (LEITE, 2009).

Os próximos dois trabalhos encontrados foram publicados no ano de 2010. O primeiro, publicado, no SIMPEP, traz um problema de criação de um modelo que auxilie na formação de um portfólio ótimo, que sirva como ferramenta de apoio a decisão a investidores. O modelo busca maximizar o retorno dos investimentos e permite a visualização do risco do investimento, fazendo com que os investidores selecionem os investimentos de acordo com seu perfil. Foram utilizadas restrições tais como total de investimento na carteira, percentual máximo a ser aplicado por título de acordo com risco e perfil do investidor. O modelo foi resolvido utilizando-se o Solver e trouxe resultados satisfatórios para seus usuários (RIBEIRO, *et al.*, 2010).

A outra aplicação utilizou da programação linear para se obter a carteira de variância mínima no mercado acionário brasileiro. Para determinação do modelo foram analisados os retornos diários das 50 ações mais negociadas da bolsa de valores. Foi constatado que pela facilidade de resolução do modelo pelo Solver, a PL se mostrou um forte ferramenta para auxiliar no cálculo da carteira de variância mínima de investimentos, podendo servir de auxílio para investidores no momento de tomada de decisão (LIMA *et al.*, 2010).

Nota-se que em todos os trabalhos encontrados na área de Engenharia Econômica foi utilizado o Solver como ferramenta para resolução dos modelos.

3.6 Aplicação em Pesquisa Operacional

Nesta área foram encontrados apenas 2 trabalhos, que consistem em estudos mais teóricos a respeito de aplicações da programação linear.

A primeira publicação, do ano de 2004, contém uma comparação entre teoria das restrições e programação linear, destacando as particularidades e aplicações de ambas as ferramentas, com foco no objetivo de otimização da produção (OENNING *et al.*, 2004).

O segundo trabalho, publicado em 2007, mostra a aplicabilidade da PL na determinação do fluxo de potência ótimo linearizado de funcionamento de sistemas, destacando que para problemas de grande porte a ferramenta mais indicada para solucionar os modelos é o MPI, e o Simplex como ferramenta mais adequada para problemas de pequeno porte (COSTA *et al.*, 2007).

3.7 Aplicação em Outras Áreas

Foram encontradas na busca duas aplicações da programação linear em áreas diferentes da engenharia de produção. Sendo um trabalho com aplicação na biologia, publicado no ano de 2010 e outro trabalho no ano de 2011, com aplicação da programação linear na medicina.

Tais trabalhos mostram que a programação linear também vem sendo utilizada como ferramenta de auxílio na resolução de problemas e estudo em outras áreas de estudo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Contribuições

Foi realizado um levantamento e análise dos trabalhos com aplicação de programação linear nas áreas da engenharia de produção desde o ano de 2002 até 2012.

O trabalho mostrou os resultados obtidos com os trabalhos, comprovando a eficiência do uso da programação linear como ferramenta de apoio a tomada de decisão na engenharia de produção.

Destaca-se também a grande diversidade de softwares disponíveis para resolução dos modelos matemáticos, selecionados de acordo com as necessidades específicas de cada caso.

Os trabalhos mostraram o uso desta ferramenta com objetivos de melhorar o desempenho das organizações em diferentes áreas e possibilitou mostrar a relação entre a Programação Linear e Engenharia de Produção

4.2 Dificuldades e Limitações

Uma dificuldade encontrada foi a falta de separação de artigos por área de aplicação em algumas fontes, gerando a necessidade de uma busca manual sobre uma grande quantidade de trabalhos, comprometendo a eficiência da busca.

As buscas foram limitadas apenas a eventos e revistas nacionais, relacionados a engenharia de produção e matemática aplicada, não explorando eventos de outras áreas.

4.3 Trabalhos Futuros.

As buscas foram restritas a trabalhos com aplicações da programação linear, é possível analisar também aplicações com programação inteira e programação mista na engenharia de produção.

Outros trabalhos podem fazer buscas mais abrangentes e analisar trabalhos com aplicações em outras áreas além da engenharia de produção.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J. G.; SEGA, J.; BRESSAN, M.; DE CARVALHO, C. R. V. **Aplicação da programação linear no problema de origem e destino em uma empresa de mineração.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro – RJ, 2008.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional. Para cursos de engenharia.** 6 ed. Rio de Janeiro. Editora Elsevier. 2007. 524p.
- ATAMANCZUK, M. J.; KACHBA, Y. R. RODRIGUES, C. R. B.; COLMENERO, J. C. **Modelo de alocação de recursos no setor de compras: uma proposta para o ramo supermercadista.** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador – BA, 2009.
- BAZARRA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D. **Linear programming and network flows.** 4 ed. New Jersey: Editora Wiley. 2010. 748 p.
- COSTA, A. P. C. S.; SILVA, L. C.; BASTOS, R. N. **Modelo de decisão para alocação de recursos humanos em projetos de sistemas de informação.** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador – BA, 2009.
- COSTA, E. E.; TERRA, L. D. B.; JAMIL, G. L. **Elementos de programação matemática: aplicações ao problema do fluxo de potência ótimo linearizado.** XIV Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2007.
- DE CARVALHO, C. R. V.; NETO, A. S. C.; ALMEIDA, H. M.; FIALHO, L. B.; DA SILVA, M. V. **Otimização da logística de abastecimento em uma indústria siderúrgica – um estudo de caso.** XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis – SC, 2004.
- DE SOUZA, P. M.; FERREIRA, V. P.; PONCIANO, N. J.; BRITO, M. N. **Otimização econômica, sob condições de risco, para agricultores familiares das regiões norte e**

noroeste do estado do rio de janeiro. Revista PO Desenvolvimento. Versão online. ISSN 1678-5142.

DONATO, F. A. S.; MAYERLE, S. F.; DE FIGUEIREDO, J. N. **Um modelo de planejamento agregado da produção para otimizar o mix de produtos e clientes em uma indústria metal-mecânica.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro – RJ, 2008.

DOS SANTOS, F. R. A.; MEDEIROS, D. T. B.; JUNIOR, A. T. S.; PERNA, S. J. P.; SANTOS, Y. B. I. **Aplicação da programação linear para alocação otimizada dos recursos disponíveis em uma empresa de produção de conservas de palmito.** XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte – MG, 2011.

FERREIRA, F. M.; BACHEGA, S. J. **Programação linear: um estudo de caso sobre os custos de transporte em uma empresa do setor de confecções de Catalão – GO.** XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte – MG, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 2 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 171 p.

FERREIRA, F. M.; BACHEGA, S. J. **Programação Linear: um estudo de caso sobre os custos de transporte em uma empresa do setor de confecções de Catalão – GO.** XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte – MG, 2011.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear. Modelos e algoritmos.** 6 ed. Rio de Janeiro. Editora Campus. 2000. 649p.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to operations research.** 6. ed. Nova Iorque, McGRAW-HILL, 1995, 998 p.

JUNIOR, C. G.; GONÇALVES, C. **Teste do modelo de otimização de carteiras pelo índice beta.** XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza – CE, 2006.

JÚNIOR, G. P.; SOUZA, M. J. F. **Uma nova formulação de programação matemática para o problema de planejamento de lavra.** Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Ano 4. nº 4. Out-Dez/2009. p. 125-137.

JUNIOR, J. P.; SOUZA, M. J. F. **Um modelo de programação matemática para o problema de planejamento de Lavra Seletiva.** XVII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2010.

KIKUCHI, C. I.; DA SILVA, F. M. **Uma proposta de um sistema de apoio a decisão para organização de horários em instituições de ensino superior utilizando programação linear.** XI Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2004.

KONAGANO, K. S. H.; LIMA, R. N. P.; SANTOS, Y. B. I.; MORAES, M. S. O. **Aplicação da programação linear para a utilização otimizada de recursos disponíveis em uma empresa de produção de camarão.** XVIII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2011.

LEITE, C. E. **A programação linear utilizada na otimização de retorno de débitos de clientes inadimplentes em concessionária de energia elétrica.** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador – BA, 2009.

LIMA, M. G. B.; JÚNIOR, D. S. G.; JUNIOR, J. L. T. **Utilização de pesquisa operacional para determinação da carteira de variância mínima no mercado acionário.** XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos – SP, 2010.

MEDEIROS, A. L.; MONTEVECHI, J. A. B.; TURRIONI, J. B.; SILVA, L. B.; MENDES, L. **Otimização do planejamento produtivo a partir da programação linear: uma aplicação na pecuária leiteira.** XI Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2004.

MONDAINI, R. P.; VILELA, S. P. **Mathematical programming approach to protein structure.** XXXIII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. v.3, ISSN 1984-820X, 2010

MUNHOZ, J. R. MORABITO, R. **Otimização no planejamento agregado de produção em indústrias de processamento de suco concentrado de laranja.** Revista Gestão e Produção. São Carlos – SP. v. 17, n. 3, p. 465-481, 2010.

NETO, A. R.; ZANELLA, C. **Planejamento da produção com a utilização do solver – excel na empresa bondo alimentos S.A.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu – PR, 2007.

NETO, F. A. M. G.; SENNE, T. A. **Um algoritmo de programação linear sequencial para otimização topológica.** XXXIII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. v.3, ISSN 1984-820X, 2010

OENNING, V.; RODRIGUES, L. C.; CASSEL, R. A.; JUNIOR, J. A. V. A. **Teoria das restrições e programação linear. Uma análise sobre o enfoque de otimização da produção.** XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis – SC, 2004.

PEREIRA, R. B. D.; GUIMARÃES, I. F. G.; ROGRIGUES, L. F.; KLEN, A. M. **Otimização da produção de blocos de concreto: um estudo de caso.** XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos – SP, 2010.

RECCO, C. H.; ZAQUEU, M. V. M. **Otimização na produção de colchões.** XXXI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. v.1, ISSN 1984-820X, 2009.

RIBEIRO, R. P.; FORTES, B. J.; MACHADO, M. E. R.; **A programação linear na formação de portfolio de investimento.** XVII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2010.

SANTOS, F. A.; RODRIGUES, M. T.; FILHO, J. L. **Modelo computacional para formulação de rações de mínimo custo para pequenos ruminantes utilizando programação linear.** XIII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2006.

SCUDELER, C. V.; FAGUNDES, M. C. **Programação linear no cálculo do custo mínimo na merenda escolar.** XXXII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. v.2, ISSN 1984-820X, 2009.

SIMCHAK, M; MARTINS, L. M; DA SILVA, R. M. M; JUNIOR, E. R. F. **Análise da Eficácia de Ferramentas para Melhoria e Controle de Processos em uma Indústria.** XVIII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru – SP, 2011.

SOBRAPO. **Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional.** disponível em: <http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php>. Acesso em 25 abr. 2011.

TAHA, H. A. **Operations Research: an introduction.** 7 ed. New Jersey: Editora Prentice Hall. 2002. 830 p.

TAVARES, R. **Proposta de um Sistema de Apoio a Decisão Para Controle e Gerenciamento Agrícola em Usinas de Açúcar.** 2008. 166 f. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

VIANA, R. S. S.; FLORENTINO, H. O.; LIMA, E. A. B. F.; FONSECA, P. R.; HOMEM, T. P. D. **Heterogeneity correction in the construction of optimized planning in radiotherapy using linear programming.** Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. Revista Pesquisa Operacional. ISSN 1678-5142.

VIEIRA, E. C.; DE ABREU, M. C. S.; ALBERTIN, M. R.; FILHO, J. C. L. S.; **Otimização de um processo produtivo por meio do uso conjunto da teoria das restrições com programação linear: estudo de caso no segmento de plásticos descartáveis.** XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte – MG, 2011.

YOSHIZAKI, H. T. Y.; CHEBAT, D.; HINO, C. M. **Análise da viabilidade de integração entre rotas de longo curso e cabotagem utilizando um modelo matemático.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu – PR, 2007.

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196