

MAXIMIZAÇÃO DO LUCRO NA PRODUÇÃO DE TUBOS METÁLICOS EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

Fagner Pereira Vicente

Graduando em Engenharia de Produção,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

João Pedro Vieira Neponuceno

Graduando em Engenharia de Produção,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Lajila Maria Brandão Lopes

Graduanda em Engenharia de Produção,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Nayara da Silva Souza

Graduanda em Engenharia de Produção,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Natalia Michelan

Bióloga; Mestre em Engenharia Civil – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Paulo Vitor Pereira

Físico – UNESP, Mestre em Matemática – UFMS.
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

O mercado siderúrgico produtor de tubos está cada vez mais competitivo. Mesmo com as tecnologias de ponta em maquinários e processos automatizados, ainda falta a análise da quantidade que se deve produzir de cada tipo de material, tempo de produção e o valor que esses devem ser vendidos. Com base nessas análises a serem feitas, nossa pesquisa abordou de forma prática e objetiva o que se deve produzir, quanto tempo se deve gastar e o valor que se deve vender no mercado. Através da utilização de métodos computadorizados (*software*), foi possível fazer todo esse levantamento e posteriormente comprovar os resultados obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: pesquisa operacional; lucros; siderurgia.

1 INTRODUÇÃO

O mercado siderúrgico nacional inicia a década de 1990 contando com 43 empresas estatais e privadas, nos segmentos de carvão vegetal, coque, ferro-gusa e altos-fornos (TRINDADE JUNIOR, 2013).

No início da década de 1990, o Brasil já atingira a sexta maior produção mundial de aço bruto, superando 24 milhões de toneladas exportadas para vários

países. O aperfeiçoamento constante dos processos e o desenvolvimento de pesquisas destinadas à produção de aços especiais demonstra a grande preocupação com uma tecnologia de ponta e com a qualidade atingida pelos produtos da siderurgia nacional (ABM, 2017).

O crescimento do parque siderúrgico brasileiro foi responsável pela utilização, na década de 1970, de novos processos para a produção do aço. O alto nível atingido na produção deve-se também à instalação de fornos elétricos de alta potência e capacidade. A aciaria elétrica exige menor consumo de energia e menos tempo no refino e fusão, sem comprometer os resultados na produção de aços comuns e especiais. O lingotamento também obteve melhorias no seu processamento e no rendimento placa/lingote de aços capeados, a partir do desenvolvimento de técnicas especiais colocadas em prática. Os processos de laminação também foram aperfeiçoados de maneira a propiciar à indústria siderúrgica a produção de aços ao carbono micro ligados, aços especiais e revestidos (ABM, 2017).

Os aços especiais atingem alta qualidade e variedade com produtores de alto nível, capazes de suprir a necessidade do mercado nacional e de atender a crescente demanda nas exportações (VIANA, 2017).

Segundo a ABM (2017), algumas alterações nas instalações e nos equipamentos siderúrgicos são implantadas com o intuito de melhorar o desempenho operacional. Dos 15% de equipamentos nacionais utilizados na primeira fase do I Plano Nacional de Siderurgia, na década de 1970, atinge-se 70% do total, uma consequência natural da evolução do parque industrial brasileiro.

Vieira (2010) afirma que atualmente, há um reconhecimento internacional da seriedade e da eficiência da indústria siderúrgica brasileira, pela sua competitividade, a estrutura de produção, o domínio tecnológico e o baixo custo de fabricação. O desenvolvimento das técnicas de operação e o gerenciamento das atividades em busca do domínio da produção são de grande importância para o desenvolvimento do processo. Agrupamentos técnicos, independentes dos órgãos operacionais, surgem com novas alternativas de melhoramentos dos processos industriais, no momento em que são implantados, ou durante sua adaptação à produção local. Enfim, já com total domínio sobre as tecnologias conhecidas, desenvolve-se, em um segundo plano, outras inovações.

A partir de uma análise realizada em uma indústria do segmento siderúrgico, foi possível identificar um déficit no processo produtivo onde antes havia perda de matéria prima devido a um processo totalmente manual, com o início à introdução de novas tecnologias no mercado (processo automatizado), passou a ter maior produtividade em menor tempo, conseqüentemente houve um maior lucro.

1.1 A Empresa Vallourec

Há uma necessidade de as empresas buscarem novas metodologias para auxiliar na redução de custos para manterem-se no atual mercado globalizado de acirrada competitividade. O desenvolvimento de um estudo sobre o tempo de produção e o valor de venda de tubos de aço é muito importante para a quantidade de lucro líquido que uma siderúrgica pode conseguir. Uma das maiores e mais modernas siderúrgicas integradas do mundo, ocupa a posição de líder no mercado nacional em produção de tubos de aço sem costura. Seus produtos abastecem o mercado nacional e internacional e passam por rigorosos sistemas de avaliação que asseguram o alto grau de qualidade dos produtos.

Com mais de 24 mil empregados em 50 unidades industriais, escritórios de vendas e seis centros de pesquisa, o Grupo Vallourec está presente em mais de 20 países. Líder mundial na fabricação de tubos de aço sem costura e em soluções tubulares premium, a Vallourec atende aos setores de energia, petrolífero, industrial, construção civil e automotiva.

Uma das maiores e mais modernas siderúrgicas integradas do mundo, a Vallourec Tubos do Brasil S.A. que é a empresa pesquisada, ocupa a posição de líder no mercado nacional em produção de tubos de aço sem costura. Além da Usina Barreiro, em Belo Horizonte (MG), a Empresa tem o controle da Vallourec Florestal Ltda., da Vallourec Mineração Ltda. e da Tubos Soldados Atlântico (TSA). Sua estrutura inclui ainda dois escritórios de venda – um em São Paulo (SP), outro no Rio de Janeiro (RJ) –; uma filial em Diadema (SP) e duas no Rio Grande do Sul (nos municípios de Gravataí e Caxias do Sul), além de duas bases logísticas, Pojuca (BA) e Rio das Ostras (RJ).

A Usina Integrada Barreiro, um dos complexos siderúrgicos mais bem equipados do mercado internacional, ocupa uma área de aproximadamente dois milhões de m² na região do Barreiro, em Belo Horizonte. A Usina tem capacidade para produzir cerca de 550 mil toneladas de tubos por ano, considerando a mistura

atual de produtos. Os tubos de aço sem costura da Vallourec abastecem o mercado nacional e internacional e passam por rigorosos sistemas de avaliação, que asseguram o alto grau de qualidade dos produtos. Atende aos mercados ferroviário, de máquinas e equipamentos, mineração e gás por meio de aplicações como eixos ferroviários e estruturas de vagões, máquinas agrícolas e de construção civil, hastes de perfuração para mineração, circuitos hidráulicos, cilindros hidráulicos, cilindros de alta pressão para gás natural e gases industriais/CO₂, curvas, lupas para trefiladores independentes, tubos mecânicos, entre outros.

Os tubos sem costura são fabricados por três tipos de processos industriais - laminação (para os de grandes diâmetros), extrusão (para aqueles com pequenos diâmetros) e processo de fundição.

Os processos industriais de maior importância na fabricação de tubulações são os de laminação e solda. Através desses processos são fabricados mais de 2/3 dos tubos usados em instalações industriais.

Na Tabela 1 podem-se conferir alguns números em períodos da empresa pesquisada.

Tabela 1. Dados em anos Vallourec Tubos do Brasil S.A

Vallourec Tubos do Brasil S.A.	Ano 2016	Ano 2015	Ano 2014	Ano 2013	Ano 2012
Ativo (R\$ bilhões)	6,8	6,9	7,2	6,8	5,7
Conexões produzidas na Fábrica de Acessórios (VTS) (unidade)	3.090	4.050	5.557	2.543	
Conexões reparadas (VTS) (unidade)	8.713	9.595	16.366	2.823	
Custos de bens, materiais e serviços (R\$ bilhões)	2	2	2	2	2
Doações (R\$ milhões)	4	5	7	7	2
Emissões de gases causadores do efeito estufa (mil t CO ₂ /ano)	398	434	491	427	408
Investimentos (R\$ milhões)	326	357	269	387	364
Investimentos diretos em meio ambiente (R\$ milhões)	21	31	35	32	30
Lucro líquido (R\$ milhões)	533	557	556	595	480
Número de empregados (permanentes e temporários)	6.015	6.175	5.969	6.093	6.303
Patrimônio líquido (R\$ bilhões)	4	4	5	5	4
Continuação da tabela					
Produção de carvão vegetal (mil t)	265	293	312	277	299
Produção de minério (milhões t)	4	4	4	4	5
Produção de revestimento externo (TSA) (mil m ²)	175	188	212	133	219
Produção de revestimento interno (TSA) (mil m ²)	102	116	150	57	140
Produção de tubos de aço sem costura (VBR) (mil t)					

Continuação da Tabela 1.					
Tubos de Seção Circular	189	190	179	182	214
Tubos de Seção Quadrada	98	99	90	92	105
Tubos de Seção Retangular	106	106	101	103	119
Total	393	395	370	377	438
Produção de tubos de aço soldados (TSA) (mil t)	129	135	21	12	35
Receita líquida de vendas consolidada (R\$ bilhões)	3	3	3	4	3
Recursos em investimento sociocultural (R\$ milhões)	12	16	18	20	16
Resíduos não perigosos (mil t/ano)	301	326	281	290	372
Salários e benefícios dos empregados (R\$ milhões)	598	607	639	651	599
Total de horas de treinamento no ano (mil)	99	158	138	115	182

Fonte: Extraído de Vallourec Tubos do Brasil S.A.

A pesquisa realizada nessa empresa foi apenas sobre os tubos sem costuras e de Seção Circular, Quadrada e Retangular.

1.2 Processo de Fabricação do Tubo Sem Costura

1.2.1 Laminação

O processo de fabricação por laminação é empregado em tubos de aço carbono, aço-liga e aço inox, de 8-65 centímetros de diâmetro. Existem vários processos de fabricação por laminação, mas o mais importante é o processo Mannesmann (BMC, 2017).

A formação por esse processo dá-se a partir de uma barra circular maciça de aço, empurrada por dois cilindros oblíquos que o rotacionam e transladam contra um mandril fixo. Obtém-se um tubo bruto, que sofrerá conformação de acabamento através de laminadores perfiladores.

1.2.2 Extrusão

A fabricação de tubos por extrusão é um processo onde a peça é “empurrada” contra a matriz conformadora com redução da sua seção transversal. A parte ainda não extrusada fica contida num recipiente ou cilindro. A extrusão pode ser feita a frio ou a quente dependendo da ductilidade do material. Cada tarugo é extrusado individualmente, o que caracteriza um processo semi-contínuo. Quando combinada com operações de forjamento é chamada de extrusão fria (SANTOS, 2010).

1.2.3 Fundição

No processo de fundição o material do tubo é despejado em estado líquido, nos moldes especiais, onde se solidifica adquirindo a forma final. É fabricado por esse processo tubos de ferro fundido, de alguns aços não-forjáveis e grande parte dos materiais não-metálicos como barro, concreto, cimento-amianto, borrachas, entre outros (METALICA, 2017).

1.3 Descrição do Problema

Devido à grande concorrência e exigência de especificação de qualidade por parte do mercado, as empresas siderúrgicas investem continuamente na busca da excelência, em novas rotas tecnológicas e em qualidade dos seus produtos.

Líder mundial na fabricação de tubos de aço sem costura e em soluções tubulares premium, a siderúrgica pesquisada tem como objetivo maximizar seus lucros a partir da análise feita em três tipos de tubos, (i) de seção circular com dimensão de 33,4 mm e espessura da parede de 3,6 mm; (ii) de seção quadrada com dimensão 50x50 mm e espessura da parede de 3,6 mm e (iii) de seção retangular com dimensão 60x40 mm e espessura da parede de 3,6 mm.

No mercado, os tubos de maior venda são os de formato circular, porém, os tubos de formatos quadrado e retangular também tem uma quantidade de venda razoável a ponto de continuar com a produção dos mesmos.

Atualmente, para se produzir uma determinada quantidade de tubos de formatos diferentes é analisada a demanda de mercado e contratos de fornecimento.

Para produzir os tubos de seção circular, quadrada e retangular, a siderúrgica pesquisada utiliza como componente químico primordial a sucata metálica e o ferro gusa. Depois são acrescentados os outros componentes químicos (carbono, manganês, fósforo, enxofre, silício, cromo, molibdênio e níquel) de acordo com a receita para fabricação do tubo. Cada receita contém os valores máximos e mínimos de restrições que podem ser utilizados na fabricação de cada tubo. Essas receitas foram criadas a partir de estudos e análises do setor de engenharia do produto da empresa pesquisada. Os recursos são ilimitados, pois, a empresa os explora em seu setor de mineração. São essas composições que vão determinar as características de cada um, características essas como: elasticidade, plasticidade, dureza, ductilidade, etc.

A partir dessas considerações, a proposta desse trabalho é desenvolver um modelo para maximização do lucro na produção de tubos. Com a crise no setor do petróleo e gás no qual era seu maior mercado, a demanda nas vendas e fabricação dos tubos teve uma grande baixa, porém, ainda possui demanda para o mercado do setor da construção civil.

1.3.1 Modelagem do Problema

Segundo Arenales et al. (2007), a pesquisa operacional é a aplicação de métodos científicos a problemas complexos para auxiliar no processo de tomadas de decisão, tais como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos.

De acordo com Ehrlich (2004), a programação linear (PL) se insere dentro dos métodos de programação matemática. Um modelo de PL é um modelo matemático de otimização no qual todas as funções (objetivo e restrições) são lineares. A programação linear é uma das técnicas mais utilizadas para tratar os problemas que buscam obter o máximo de lucro ou a minimização dos custos. De acordo com Bernardi e Manfrinato (2007), a função objetivo é uma função matemática, um conjunto de inequações lineares que determina o valor-alvo que se pretende alcançar ou a qualidade da solução, em função das variáveis de decisão e dos parâmetros, podendo ser uma função de maximização (lucro, receita, utilidade, nível de serviço, riqueza, expectativa de vida, entre outros atributos) ou de minimização (custo, risco, erro, entre outros).

As restrições podem ser definidas como um conjunto de equações (expressões matemáticas de igualdade) e inequações (expressões matemáticas de desigualdade) que as variáveis de decisão do modelo devem satisfazer. As restrições são adicionadas ao modelo de forma a considerar as limitações físicas do sistema, e afetam diretamente os valores das variáveis de decisão (LACHTERMARCHER, 2009).

Nesse contexto, a decisão a ser tomada é a maximização dos lucros da produção diária do tubo de aço de seções estruturais circulares, quadrada e retangular, respeitando as restrições do diâmetro do tubo, tempo de produção disponível, composição química, demanda fixa e valor.

1.4 Função Objetivo

O modelo desenvolvido inicialmente é um modelo de problema da mistura de sistemas de produção, que tem como objetivo encontrar a quantidade ideal a ser fabricado de determinado tipo de produtos, esse modelo inicial é um modelo genérico, considerando “n” tipos de tubos e “m” lucro líquido de venda. Após o desenvolvimento do modelo genérico, esse foi aplicado ao processo produtivo da siderúrgica pesquisada, que utiliza em seu processo produtivo $n = 3$, tipos tubos, e considera-se $m = 3$, como lucro líquido por tipo de tubo vendido.

1.5 Restrições do Tempo de Fabricação

Para fabricação de cada tipo de tubo, é gasto uma quantidade de minutos. Na tabela 2. Podemos ver a quantidade de minutos gastos e o lucro líquido da venda de cada tubo.

Tabela 2. Tempo para produção e valor de venda

Tempo para produção e Valores de Venda		Valor R\$ dos Tubos
Seção	Laminação	Preço
Circular	0,071666667	R\$ 113,44
Quadrada	0,075	R\$ 113,64
Retangular	0,075	R\$ 133,07
≤ 24		

Fonte: Adaptado de Vallourec Tubos do Brasil S.A

2 OBJETIVOS

A partir dos dados de uma indústria do segmento siderúrgico, identificar problemas no processo produtivo da quantidade que se dever produzir de cada tipo de material, tempo de produção e o valor que esses devem ser vendidos e fazer uma análise com o software LINDO para estabelecer a prospecção da solução de tais problemas e maximizar os lucros da empresa.

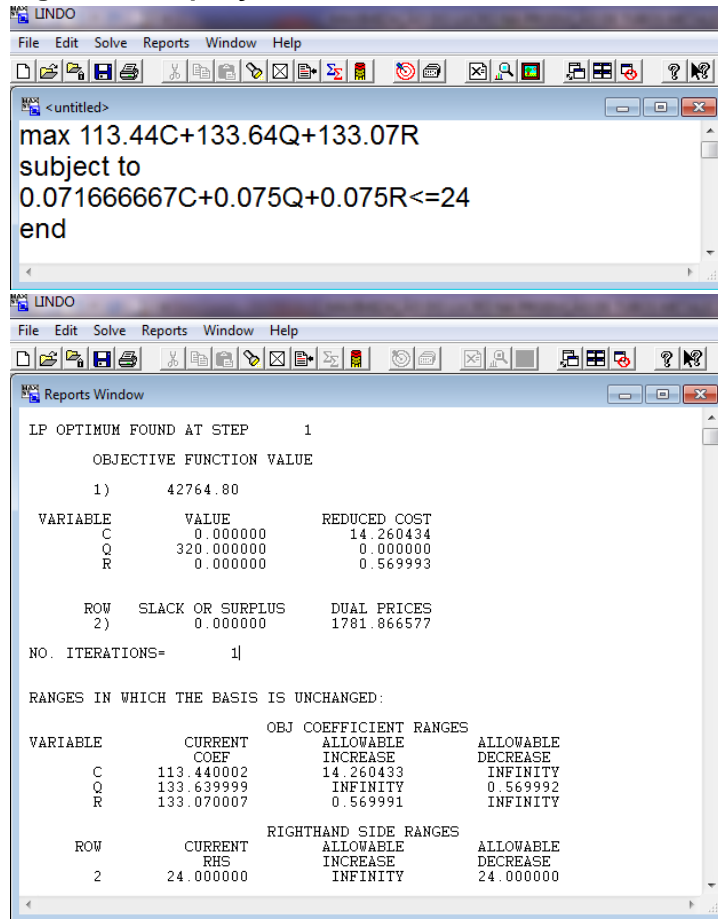
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimentos Computacionais

O software utilizado para a resolução do problema foi o LINDO 6.1 (LINDO SYSTEMS INC, 2010). O modelo matemático que foi desenvolvido para o problema engloba apenas as restrições de lucro líquido de venda e tempo gasto para

produção de cada tubo. A formulação do problema foi desenvolvida na linguagem do Software e computadorizado, como na Figura 1.

Figura 1. Compilação dos dados no Software LINDO.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 RESULTADOS

Com base na resolução feita pelo LINDO, podemos analisar que para maximizar o lucro líquido de venda, é necessário diminuir R\$ 1,43 do valor de venda do tubo de seção estrutural circular, aumentar em R\$ 3,20 o valor de venda do tubo de seção estrutural quadrada e diminuir em R\$ 0,57 o valor do tubo de seção estrutural Retangular. Assim podemos obter um lucro líquido diário de R\$ 42.764,80.

5 CONCLUSÃO

Foram realizadas comparações do lucro líquido diário real da empresa pesquisada com o proposto pelo LINDO, ficando evidente que esse modelo de aumento e redução de preços proposto, foi de grande valia para a maximização do

lucro líquido diário de venda. Também podemos ressaltar a importância da utilização de sistemas computacionais para análise tanto de maximização de lucros quanto de minimização de custo para empresas, a partir da utilização desses tipos de Software, podemos tomar decisões com mais segurança.

REFERÊNCIAS

ABM, Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. A metalurgia nas últimas décadas. Disponível em: <<http://abmbrasilbrtec.hospedagemdesites.ws/quem-somos/historico/a-metalurgia-nas-ultimas-decadas/>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

ARENALES, M; ARMENTANO, V. A.; MORABITO, R.; YANASSE, H. H. Pesquisa Operacional. São Paulo. Ed. Elsevier, 2006.

BERNARDI, F. S.; MANFRINATO, J. W. S. Theory of Constraints and Linear Programming: A Conceptual Analysis. In: XIII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Brazil. 2007.

BMC. Processo de Fabricação de Laminação. Disponível em: <<http://watermarker.eu/2018/04/43666.html>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

EHRlich, P. J. Programação Linear e decisão. São Paulo: FGV, 2004.

LACHTERMACHER, G. Pesquisa Operacional na Tomada de Decisão (modelagem em Excel) 4a. edição. Editora Campus, 2009.

METALICA. Fabricação de Tubos Industriais. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/fabricacao-de-tubos-industriais>>. Acesso em: 02 maio 2017.

SANTOS, É. D. dos. O processo de fabricação de tubos de aço para água. 2010. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Automação e Controle, Centro Universitário de Lins – UNILINS, Lins, 2010.

TRINDADE JUNIOR, J. C. N. Obtenção, Mercado e reciclagem de sucatas ferrosas na indústria siderúrgica brasileira. 2013. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

VALLOUREC. Líder mundial em soluções tubulares premium. Disponível em: <<http://www.vallourec.com/COUNTRIES/BRAZIL/PT/Paginas/Default.aspx>>. Acesso em: 02 jan. 2017.

VIANA, F. L. E. Indústria Siderúrgica. Caderno Setorial ETENE: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, [S.l.], v. 13, n. 2, p.1-13, ago. 2017.

VIEIRA, M. S. Análise da gestão dos estoques de uma empresa do ramo de montagens de precisão, situada em Montes Claros-MG. 2010. 82 f. Monografia (Especialização) - Curso de Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais, Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas das Faculdades Santo Agostinho, Montes Claros-MG, 2010.