USO DA PESQUISA OPERACIONAL PARA COGERAÇÃO DE ENERGIA EM UMA EMPRESA DE PAPEL E CELULOSE (EPC)



Revista Eletrônica Multidisciplinar
FACEAR

Adenilson Aparecido da Silva Ferreira[1]; Gislaine Antunes[2]; Sergio Luis Gubaua[3]; Armando Heilmann

[1] *Faculdade Educacional Araucária – Engenheiro de Produção*
[2] *Faculdade Educacional Araucária – Engenheiro de Produção*
[3] *Faculdade Educacional Araucária – Engenheiro de Produção*

RESUMO

O desenvolvimento industrial está geralmente associado a novas tecnologias, relacionadas à eficiência energética, com a implementação de estratégias para combater os desperdícios de resíduos e a otimização dos custos, em relação ao consumo de energia. Muitas empresas possuem alguns objetivos em comum, como a redução de custos e o aumento da lucratividade, porém para obter-se o sucesso nestes objetivos todas procuram inovar suas tecnologias, e hoje em dia, tem-se utilizado a biomassa como recursos para cogeração de energia, que gradativamente minimiza os impactos ambientais, e desta forma tornando-se mais competitivas. Este trabalho reúne informações de uma empresa de papel e celulose (EPC), com o propósito de demonstrar o reaproveitamento de resíduos de madeira, como biomassa para alimentação de uma caldeira, contribuindo na geração de vapor, e então na cogeração energia elétrica, no âmbito da redução de custos de aquisição da biomassa. Tendo como objetivo o desenvolvimento de um modelo matemático que possibilite correlacionar três fatores importantes sendo material, eficiência e custos, utilizam-se então a ferramenta de pesquisa operacional como processo metodológico, para obter a função objetivo. E como resultado final este processo se torna viável para a aplicação na empresa EPC, reduzindo os custos com a biomassa, logo gerando lucratividade, sem prejudicar a eficiência do processo.

Palavras chave: Eficiência energética, cogeração, biomassa.

ABSTRACT

The industrial development is generally associated to new technologies, which are related to energy efficiency, with the implementation of strategies that fight against the residue wasting and the cost optimization, related to the energy consumption. Many companies have some goals in communal goals, as the cost-cutting and the increase of profitability; to success upon these goals, all of them seek to innovate their technologies and, nowadays, the biomass has been used as resources to energy cogeneration, that gradually play down the environmental impacts so they become more competitive. This paper gathers information of a cellulose and paper company (CPC), to evidence the wood residue reuse as biomass to feed a boiler, contributing on the steam

generation, and, on the electrical energy cogeneration, with the purpose of reduce cost on the biomass acquisition. Having in mind the development of a mathematical model that allows to correlate three important factors (material, efficiency and cost), the methodological process is the tool of the operational research, to reach the objective function. As the result, this process became a viable effort at the CPC company, cutting costs with biomass, being profitable without jeopardize the efficiency of the process.

Key words: energetic efficiency, cogeneration, biomass.

1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética é fundamental para o desenvolvimento industrial, podendo ser definida como a otimização no consumo de energia. No Brasil, especificamente na região sul existe grandes indústrias de papel e celulose que utilizam este processo de cogeração.

São diversas as rotas tecnológicas para a obtenção de energia elétrica a partir da biomassa onde todas prevêem a conversão da matéria prima em um produto intermediário que será utilizado em uma máquina motriz. Essa máquina produzirá a energia mecânica que acionará o gerador de energia elétrica (ANEEL, 2008).

A biomassa é uma fonte de energia renovável e representa uma grande parte dos resíduos que são reutilizados para a cogeração de energia nas indústrias.

Com o aumento desses resíduos, vem sendo gerado um grande desperdício de matéria-prima e energia térmica, mais podem deixar de ser um risco ambiental para as indústrias e passar a ser lucro para as empresas.

Com a substituição de combustíveis fósseis por biomassa em usinas termelétricas, resulta em um impacto ambiental global positivo, conhecido como emissões evitadas de carbono. Ou seja, ao utilizar biomassa em termelétricas, as emissões dos gases de efeito estufa são mínimas.

Conforme o Protocolo de Quioto (tratado internacional, assinado em 1997 na cidade de mesmo nome, no Japão), que tem por objetivo fazer com que os países mais ricos, e consequentemente, os maiores emissores de gases poluentes, se comprometam a diminuir a emissão dos gases que agravam o efeito estufa (WIECHETECK, 2009).

Segundo Manzoni et al. (2010) a eficiência energética diz respeito ao menor consumo de energia para um mesmo produto final e está geralmente associada a novas tecnologias e a melhor organização e gestão de recursos

2. DESENVOLVIMENTO

Com a utilização da ferramenta de pesquisa operacional (PO), tem-se como objetivo comparar os custos do processo de geração de vapor para energia elétrica através da queima de resíduos de madeira, com os custos reais do processo de cogeração de uma fábrica de papel e celulose (EPC). Cujo propósito final é a de apresentar a melhor combinação de biomassa para o qual gerará a eficiência energética necessária ao processo, com um menor custo, e que ainda resulte como conseqüência uma redução de poluentes na atmosfera. Diante de uma melhor abordagem sobre a eficiência energética para a cogeração de energia através da biomassa, é importante detalhar uma seqüência de etapas dentro do processo como:

a) Obter os dados referentes à matéria prima residual e especificações da caldeira, através de informações diretamente coletadas na empresa de papel e celulose (EPC);
b) Desenvolver um modelo para o sistema de pesquisa operacional;
c) Comparar os resultados de desempenhos e custos encontrados no sistema de PO, com dos dados históricos da empresa (EPC).

Dados do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2001) apontam que a biomassa tem sido usada de forma crescente no mundo como insumo energético, muito utilizado para usos finais como energia térmica, mas também de forma bem significativa como geradora de energia elétrica.

Segundo o CGEE (2001) a busca pela reutilização de materiais residuais e a geração de energias renováveis tem sido essencial para vários processos de fabricação nas indústrias, minimizando os impactos ambientais e alcançando lucratividade, proporcionando assim algumas vantagens que tornam as empresas que utilizam estes processos, mais competitivas. Uma pesquisa feita no site da web of knowledge[1] com acesso pela plataforma Lattes[2], pode oferecer uma expectativa da quantidade de publicações por ano que consideram os termos: Biomassa, Cogeração e Energia Elétrica (FIGURA 1)

[1] http://wokinfo.com/
[2] http://lattes.cnpq.br/

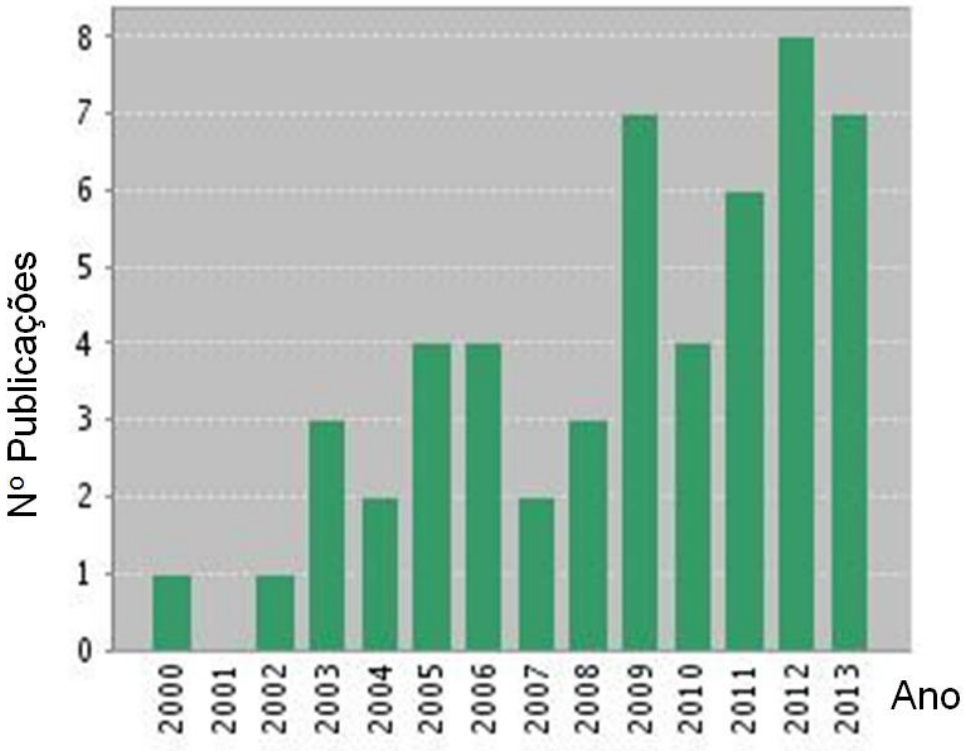
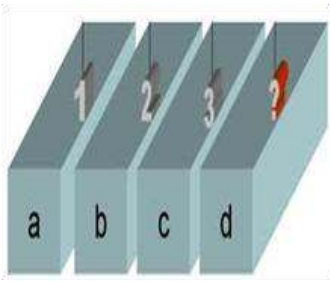
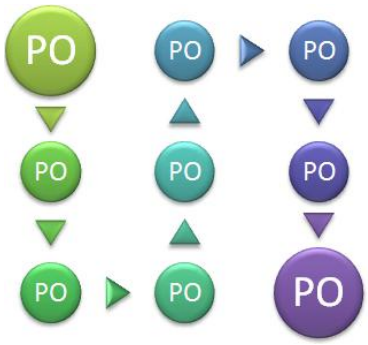
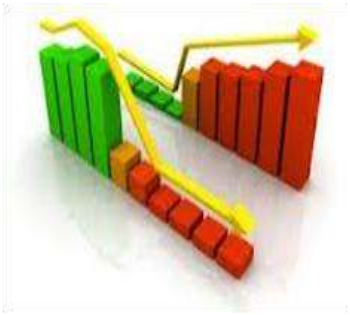


FIGURA 1: NÚMERO DE PUBLICAÇÕES NOS ÚLTIMOS 13 ANOS, QUE CONSIDERAM SIMULTANEAMENTE OS TERMOS: BIOMASSA, COGERAÇÃO E ENERGIA ELÉTRICA.
FONTE: *WEB OF KNOWLEDGE*

O número de publicações por ano apresenta (pela FIGURA 1) um comportamento crescente a partir de 2007, efeito possivelmente predito pelos resultados do IPCC - Intergovernamental Panel on ClimateChange, ou Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas, que estabeleceu resultados alarmantes sobre os poluentes na atmosfera e sobre as condições de aquecimento da atmosfera a partir da queima descontrolada de combustíveis fósseis.Embora este aumento no número de publicações que tratam da questão de cogeração de energia elétrica a partir do uso de biomassa após 2007, poucas publicações científicas são voltadas para esta questão, o que posiciona este trabalho, minimamente como mais uma fonte de estímulo e apontamento para a necessidade no tratamento da biomassa como preditora na cogeração de energia elétrica.

Segundo Marconi e Lakatos (2007, p.83) metodologia é o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo, conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do pesquisador.

TABELA 1: PROPOSTA DA METODOLOGIA

METODOLOGIA		
Seleção **Descritiva**	**Pesquisa operacional**	**Comparação**
Tipos de matéria-prima Proriedades da madeira Disp. e custo da madeira Especificações da caldeira Eficiencia	Dados coletados Restrições Solução ótima	Custos Viabilidade
		

FONTE: OS AUTORES (2013)

De um estudo descritivo, o pesquisador permite-se à obtenção de uma compreensão melhor do comportamento dos fatores que influenciam as variáveis do processo (OLIVEIRA, 1997, p.114), inicia-se a coleta os dados referentes à matéria prima (resíduos de madeira) e as especificações técnicas da caldeira.

Para aplicar os dados adquiridos, parte-se da definição e apoio da pesquisa operacional (PO), que conforme Hillier (2010) envolve uma "pesquisa sobre operações", ou seja, é um método científico de tomada de decisões.

Em linhas gerais, consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema, onde será detalhado seu processo no resumo funcional da pesquisa operacional.

Por fim, a partir dos métodos descritivos e na utilização de um modelo de pesquisa operacional, é realizada a comparação entre os resultados encontrados a partir do método comparativo, que segundo Fachin (2003, p.37) consiste em investigar coisas ou fatos e explicá-los segundo suas semelhanças e diferenças.

A seguir, são realizadas experimentações para testar o modelo de PO, onde através da avaliação da disponibilidade do material, que se apresente com um valor energético eficaz, e que tenha um menor custo, obtendo assim o melhor mix de combinações entre as variáveis, gerando uma melhor eficiência da caldeira, com um menor custo para o processo.

O papel da tecnologia é de grande importância para o desenvolvimento do equilíbrio sustentável dos vários setores da economia, principalmente o de energia elétrica. Tratando-se de cogeração que é definida como o processo de transformação de uma forma de energia, em mais de um tipo de energia útil, na busca da maior eficiência no processo de extração e beneficiamento da madeira, atualmente, resíduos podem não mais serem vistos como um problema, e sim uma fonte criativa de matéria prima para novos produtos, ou seja, produção de vapor e energia elétrica. (CORONEL *et al*., 2007)

De acordo com Gonçalves (2000, citado por Lima; Silva 2005) afirma que os resíduos podem ser reutilizados pela própria indústria que os produz, principalmente como energia, existindo vários fatores que influenciam a formação de cavacos no processamento da madeira, onde se forem queimados a céu aberto, ou em queimadores sem fins energéticos, vão liberar gases para o ambiente, tornando-se potenciais poluidores.

Porém, para a realização deste trabalho foram utilizados apenas os resíduos da indústria de papel e celulose, conforme FIGURA 2.



FIGURA 2 – TIPOS DE RESÍDUOS DE MADEIRA
FONTE**:** OS AUTORES (2013)

3. RESULTADOS

A partir dos dados coletados referentes ao mês de outubro de 2013, para a construção do modelo da ferramenta de pesquisa operacional (PO), foi possível analisar os resultados obtidos a partir do modelo, quanto à utilização da biomassa (TABELA 1).

TABELA 1: PLANILHA DE PESQUISA OPERACIONAL – RESULTADOS BIOMASSA

NOME FORNECEDOR	DISPONÍVEL	REALIZADO	PROPOSTO
	Quant. (t)	Quant. (t)	Quant. (t)
Fornecedor de Biomassa Seca	4900	3033	4243
Fornecedor de Biomassa Úmida	17700	5144	1600
Casca Pátio de Madeira	2019	1928	2019
Fornecedor de Eucalipto	8700	1947	2400
Serragem Pátio de Madeiras	1087	1038	1087
TOTAL	34405	13089	11349

FONTE: OS AUTORES (2013)

Onde se pode observar que houve uma redução na utilização da biomassa no resultado proposto, gerando a mesma quantidade de energia do processo, quanto ao que foi realizado pela empresa EPC.

Quanto aos custos envolvidos e sua respectiva análise em economia, frente ao proposto, pode-se observar na TABELA 2.

TABELA 2: PLANILHA DE PESQUISA OPERACIONAL – RESULTADOS CUSTOS

ANÁLISE DE CUSTOS		
Custo Realizado	R$/mês	926.983,13
Custo Proposto	R$/mês	718.810,38
Economia	R$/mês	208.172,74
	R$/ano	2.498.072,92

FONTE: OS AUTORES (2013)

Diante da comparação entre os dados do mês de outubro com o modelo desenvolvido neste trabalho, obteve-se um resultado de 22,47% menor para o custo proposto em relação ao custo realizado, com uma geração de vapor de 29.513 t/mês, e com uma economia anual de aproximadamente 2 milhões e meio de reais, tornando-se assim um método aplicável ao processo de cogeração de energia, proporcionando um índice de lucratividade para a empresa EPC.

4. CONCLUSÃO

A produção de eletricidade a partir da biomassa precisa ser sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico. Além deste fator ambiental, existem diversas tecnologias promissoras que devem ser desenvolvidas a ponto de se tornarem competitivas comercialmente com as já existentes.

A madeira tem importância muito grande para geração de energia no setor industrial nacional. No entanto, o crescimento acelerado do preço da energia elétrica é hoje um grande desafio para a manutenção de uma matriz energética limpa no Brasil.

Tendo como o objetivo a redução de custo na utilização da biomassa, para a cogeração de energia elétrica, a empresa EPC disponibilizou dados para um estudo de caso, onde se referem à biomassa, como fonte de alimentação para a utilização em uma caldeira do tipo aquatubular, em virtude de sua capacidade de geração de vapor, que atende a demanda necessária para a empresa.

Com os dados adquiridos, se desenvolveu um modelo matemático através da ferramenta de pesquisa operacional, que possibilitou correlacionar três fatores, sendo eles material, eficiência e custos, e adquiriu-se a função objetivo, que é a minimização dos custos com combustíveis nas operações de caldeira de biomassa.

Foram analisados os resultados obtidos do modelo de gestão de custos e eficiência energética com dos dados históricos da empresa (EPC), e obteve-se resultado menor para o custo proposto em relação ao custo realizado, proporcionando um índice de redução de 22,47% ao mês, sendo que para manter e aumentar o resultado, é necessário a verificação constante e acompanhamento das variáveis do processo, pois quando colocadas em prática, podem levar a possível reformulação do modelo em alguma de suas partes.

Assim, a partir de todos os dados considerados no processo de reaproveitamento de resíduos de madeira como biomassa, que vem sendo utilizada pela empresa EPC, pode-se sugerir o uso do modelo desenvolvido de pesquisa operacional, o qual permite uma relação entre os custos e lucratividade, significativa para empresas que buscam um potencial de competitividade, quanto à cogeração de energia elétrica.

4. REFERÊNCIAS

BIOMASSA. **Fontes Renováveis Parte II**. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL, 2008.

CORONEL, D. A. et al. **O Aproveitamento dos Resíduos do Setor Florestal de Lages – Santa Catarina.** XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 22 a 25 de Julho, UEL – Londrina – PR, 2007.

LIMA, E. G.; SILVA, D. A. Floresta. Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no pólo moveleiro de Arapongas-PR. Curitiba, PR, v. 35, n. 1, jan/abr. 2005.

LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000

MONZONI, M. et al. **Tendências e Oportunidades na Economia Verde: Eficiência Energética.** Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVCES), nov. 2010.

MACEDO, I.C. Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).** Jun. 2001.

POMPERMAYER, M. L. **Desafios e Perspectiva para a Inovação Tecnológica no Setor de Energia Elétrica**. Revista pesquisa e desenvolvimento da ANEEL (P&D**):** Setor Elétrico no Caminho da Inovação. 8. ed. Jun. 2009.

WIECHETECK, M. **Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Florestais, Alternativas Tecnológicas e Propostas de Políticas ao Uso de Resíduos Florestais para Fins Energéticos**. Projeto PNUD - Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. Curitiba. Nov. 2009.