

## **OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA, ESTUDO DE CASO NUMA USINA SUCROALCOOLEIRA.**

### **OPTIMIZATION OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION IN A SUCROALCOOLER**

**LEONILDO DE MORAIS FEITOSA.** Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia de Produção. Centro Universitário Ingá – Uningá, Maringá – PR.

**EDINEI APARECIDO FURQUIM DOS SANTOS.** Professor do Centro Universitário Ingá – Uningá; Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

**EDUARDO ALVES OLIVEIRA.** Professor do Centro Universitário Ingá – Uningá; Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Rua João Pessoa, Conjunto João Lopes, nº 877, Paranacity, Paraná, Brasil, CEP 87660-000.

#### **RESUMO**

O objetivo do trabalho é demonstrar as melhorias no consumo de energia elétrica no processo industrial de uma usina do setor sucroalcooleiro com geração de energia por biomassa da cana-de-açúcar. Entende-se por biomassa toda matéria vegetal ou animal que possa ser reaproveitada para produção de calor ou energia elétrica (TEIXEIRA, 2003). Foram identificados os equipamentos que mais impactavam no consumo de energia elétrica no processo de fabricação do álcool hidratado. Neste contexto, foram identificadas e evidenciadas as causas do impacto utilizando para isto uma ferramenta do Programa Qualidade Total, o Plano de Ação. Trata-se de uma atividade que busca a solução de problemas teóricos e práticos (CERVO e BERVIAN, 2005), tendo como objetivo gerar conhecimento para solução de problemas (SILVA e MENEZES, 2005) encontrados no processo. Com as melhorias foi possível reduzir a potência dos motores, instalar inversores de frequência e aplicar novos procedimentos no processo, obtendo um total de ganho de R\$ 880.638,72 com os projetos realizados sendo que os projetos em andamento preveem um ganho estimado de R\$ 271.660,54. Os projetos que ainda não foram realizados, e que não estão em andamento, têm uma estimativa de ganho de R\$ 504.196,00, conforme o estudo realizado em campo. E os projetos já realizados, em andamento, e os projetos futuros totalizarão um ganho de R\$ 1656.495,00. Conclui-se através dos resultados apresentados que o bagaço de cana-de-açúcar é uma fonte de energia limpa e renovável podendo ser mais bem explorada e melhor dimensionada no processo significando economia para as usinas.

**Palavras-chave:** Redução de energia, melhorias e viabilidade.

#### **ABSTRACT**

The objective of this work is to demonstrate the improvements in the consumption of electric energy in the industrial process of a sugarcane industry with energy generation by sugarcane biomass. Biomass refers to any plant or animal matter that can be reused for the production of heat or electric energy (TEIXEIRA, 2003).

The equipment that most impacted the consumption of electric energy in the process of manufacturing hydrated alcohol was identified. In this context, they identified and evidenced the causes of the impact using a Total Quality Program tool, the Action Plan. It is about an activity that seeks to solve theoretical and practical problems (CERVO e BERVIAN, 2005), aiming to generate knowledge for practical application to problem solving (SILVA e MENEZES, 2005). With the improvements, it was possible to reduce the power of the motors, install frequency inverters and apply new procedures in the process, obtaining a total gain of R\$ 880,638.72 with the projects carried out. And the projects in progress foresee an estimated gain of R\$ 271,660.54 and projects that have not yet been carried out and which are not in progress have an estimated gain of R\$ 504,196.00, according to the study carried out in the field. And the projects already carried out, in progress and future projects totaled a gain of R\$ 1656,495.00. It can be concluded from the results presented that the sugarcane bagasse is a clean and renewable energy source and can be better exploited and better sized in the process, which means savings for the mills.

**KEYWORDS:** Reduction of energy, improvements and viability.

## **INTRODUÇÃO**

O tema abordado neste artigo é a importância da redução no consumo de energia elétrica no processo industrial de fabricação do álcool hidratado a partir de melhorias realizadas nos equipamentos e procedimentos operacionais, reduzindo o consumo do bagaço da cana-de-açúcar utilizado na cogeração de energia elétrica, pela sua importância, nos dias de hoje, é significativa para o meio ambiente por ser uma energia limpa e renovável (GOMAZAKO; OLIVEIRA, 2007).

Peres e Teixeira (2006) apresentaram a avaliação da geração e consumo de energia de uma indústria sucroalcooleira no estado de São Paulo tendo em vista a fonte de geração de energia da usina e especificamente o bagaço da cana-de-açúcar residual da moagem da cana. Eles analisaram o investimento e a viabilidade da geração e comercialização do excedente de energia elétrica conseguidas com a redução do consumo de energia através das melhorias realizadas nos equipamentos e no processo produtivo. E, considerando os resultados obtidos com os investimentos de R\$ 1.460.000,00 e a estimativa de ganho de R\$ 7.060.000,00 no ano, concluíram que a otimização no consumo de energia da usina é viável para a maximização da receita da usina.

Segundo Dantas Filho (2009) a produção de energia elétrica através do bagaço da cana-de-açúcar é uma alternativa de grande importância no planejamento das usinas sucroalcooleiras, além da redução do consumo de energia elétrica nos processos de fabricação de açúcar, etanol hidratado e energia elétrica por meio de melhorias nos equipamentos e processos produtivos. Os resultados obtidos com essas ações de melhoria nos equipamentos e processos indicam que a otimização de energia elétrica se tornou uma técnica economicamente viável. Através da coleta e exames dos dados de uma usina sucroalcooleira do estado de São Paulo, investigou-se sua viabilidade econômica financeira com os custos de investimento de R\$

1.330.560,00 em novos equipamentos possibilitando uma estimativa de ganho de R\$ 15.206.400,00 no ano conseguido com as melhorias realizadas.

No Brasil existe uma preocupação sobre a questão da geração de energia elétrica, pois a nossa principal fonte de energia são as hidrelétricas. A cana-de-açúcar é uma fonte de energia renovável utilizada não somente na produção de etanol e açúcar, mas na produção de energia elétrica. As usinas têm contribuído com projetos regidos pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto, (SCARPINELLA, 2002).

Estudos comprovaram que as viabilidades da otimização no consumo de energia elétrica para a usina foram economicamente viáveis. Peres, Teixeira e Dantas (2009), apresentaram estudos com resultados significativos de ganhos com as melhorias realizadas nos processos de fabricação de etanol, fabricação de açúcar e a cogeração de energia. Foi realizado o estudo em uma usina que fabrica apenas o etanol hidratado. A preocupação com o consumo de energia elétrica no processo de fabricação do etanol hidratado da usina, considerando as elevadas tarifas de energia elétrica, gerou a necessidade da otimização no consumo de energia elétrica, os quais geraram um valor econômico significativo quanto aos estudos realizados por Peres, Teixeira e Dantas (2009), ou seja, investimento do projeto de R\$ 152.710,00 com estimativa de ganho de R\$ 1.640.510,00. Com um estudo para redução no consumo de energia elétrica, como a substituição de motores que trabalhavam ociosos, a aquisição de inversores de frequência e com as padronizações e procedimentos operacionais, consolidando os conhecimentos adquiridos com treinamentos dos colaboradores, a aplicação prática nos processos industriais, gerou melhorias e padronizações operacionais buscando as condições ideais.

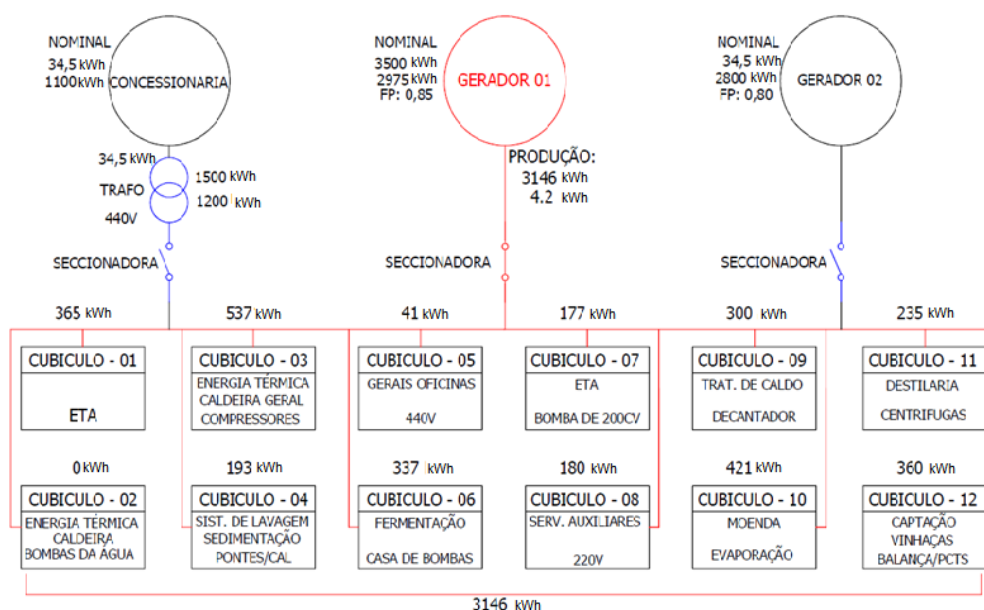
As usinas deixaram de apenas fabricar açúcar e etanol, e passaram a usufruir de seus subprodutos como o bagaço da cana-de-açúcar (GOLDENBERG, 2008).

A geração de energia traz para as usinas benefícios econômicos, pois de outra maneira o bagaço não teria utilidade e ficaria se decompondo na natureza. Ele é utilizado como combustível para geração de energia elétrica, em períodos chuvosos, quando não se produz o açúcar e nem o etanol, devido ao solo estar úmido, e a reserva de bagaço fica alimentando as caldeiras para a geração de energia. Cada tonelada de cana-de-açúcar gera 150 kg de açúcar, 250 kg de bagaço, 85 litros de etanol e 200 Kg de palha, existindo um potencial elevado na produção (ANDREOLLI, 2008).

O objetivo deste trabalho é demonstrar que com a realização de estudos do fluxo produtivo, uso e consumo de energia elétrica, e com aplicação a adequada substituição de equipamentos, utilizando para este fim um pequeno investimento, é possível gerar uma grande economia, pagando o investimento inicial, e deixando de gerar gastos podendo utilizar para melhorias no processo geral. O trabalho se justifica por demonstrar que aplicação dos conceitos de gestão da produção quando feita de forma condizente pode gerar inúmeros resultados positivos, avançando o potencial produtivo das empresas.

Além das diversas vantagens econômicas, a geração de energia a partir do bagaço de cana propicia uma fonte a mais de receita para a usina, podendo disponibilizar outra fonte de renda a emissão de créditos de carbono sob as regras do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) os quais são

comercializáveis em bolsas de valores. Ao gerar a energia limpa, as usinas estão aptas a requererem os projetos para a certificação de emissão de créditos de carbono. Não se trata de um processo simples, uma vez que os créditos são emitidos diretamente pela Organização das Nações Unidas (ONU), o que torna a ação algo caro e relativamente demorado, na ordem de dois a três anos. Pelo balanço de energia elétrica observa-se que o gerador de 2.975 kWh está consumindo 3.146 kWh, ou seja, está gerando energia elétrica com um fator de serviço 5,74% acima da capacidade nominal. Assim faz-se necessário um estudo para reduzir o consumo como demonstrado na Figura 1.



**Figura 1:** Balanço de Energia Elétrica da Usina  
**Fonte:** Autor

## MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Gil (2008) a pesquisa científica depende dos procedimentos técnicos e intelectuais para que se atinja seu objetivo. Consiste em coletar e analisar informações sobre determinado assunto a fim de estudar os aspectos que sejam o objetivo da pesquisa. Verifica-se que são requisitos para a realização do estudo os seguintes: severidade, objetivação, originalidade e coerência no levantamento de dados. Dessa maneira é possível ter condições para uma decisão mais exata a ser tomada na direção do objetivo pretendido.

De acordo com a metodologia apresentada por Yin (2001), que é a base lógica para a investigação, o foco da pesquisa se encontra em fenômenos contemporâneos. Esse método de investigação para realizar estudos de natureza científica caracterizam-se por pesquisas, experimentos, levantamentos e análise de informação para identificações de anomalias que estejam causando algum dano no processo produtivo. Os estudos de caso representam a estratégia perfeita porque se colocam questões do tipo “como” e “por que”, a fim de superar as tradicionais respostas “foi sempre assim”.

De acordo CERVO e BERVIAN (2005), essa abordagem é uma atividade que busca a solução de problemas teóricos ou práticos com a utilização de processos científicos, de uma dúvida ou problema, que busca uma resposta ou solução.

A classificação da pesquisa segundo Silva e Menezes (2005) tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação prática à solução de problemas específicos envolvendo verdades e principalmente interesses locais. Segundo Gil (2008) a pesquisa descritiva, visa descrever as características de como os colaboradores se comportam diante de uma anomalia no processo ou em relações a alguma variável.

O principal método utilizado para a realização deste trabalho foi o levantamento bibliográfico fundamentado na metodologia de Gil (2008) e Yin (2001), para se obter um embasamento teórico e a definição de conceitos empregados. Para o levantamento de dados utilizou-se como base dados o estudo de caso e livros que abordassem o setor energético e a geração de energia a partir da biomassa. Outras fontes utilizadas para a análise e discussões sobre a utilização do bagaço da cana-de-açúcar com fonte energética em termos práticos econômicos foram obtidas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Ministério de Minas e Energia (MME) e Associação Paulista de Geração de Energia (CONGEN-SP).

Após análise das coletas dos dados foram selecionados os métodos que mais se adequavam ao foco do trabalho. Para o levantamento de dados utilizou-se como base de dados o estudo de caso e planos de ação para identificação daquilo que mais impacta o consumo de energia elétrica da usina. O estudo foi direcionado para um trabalho científico, sendo um recorte de realidades distintas de dados qualitativos e quantitativos no caso estudado, do setor energético. A viabilidade econômica foi feita de um estudo de caso onde foi analisada a Usina de cana-de-açúcar no noroeste do Estado do Paraná. O critério adotado foi de que a usina deve ser autossustentável, ou seja, toda energia consumida por ela deve ser produzida a partir do bagaço de cana, e o excedente produzido deve ser vendido à concessionária responsável pela distribuição de energia.

Em vista dos resultados apresentados nem sempre os maiores ganhos necessitam de grandes investimentos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

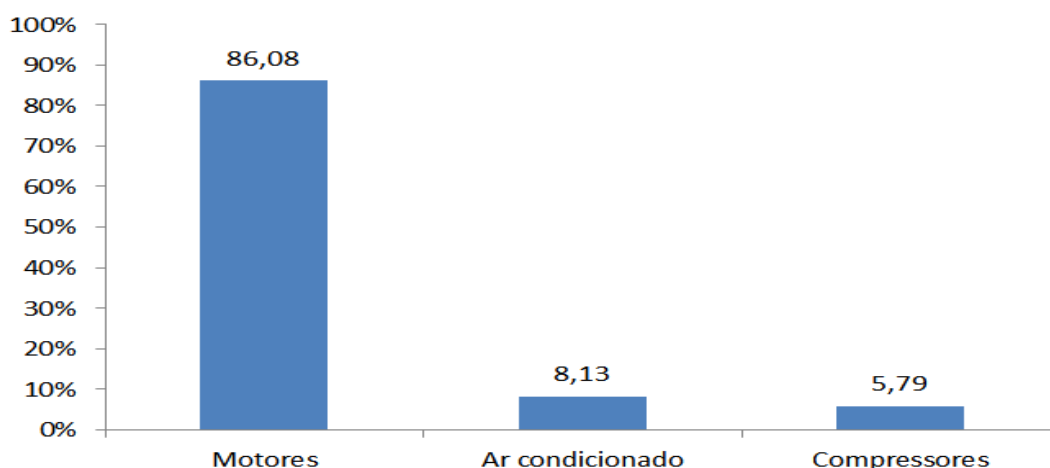
Diante das preliminares deste estudo, houve uma reunião com uma equipe de profissionais responsáveis por cada setor da empresa para que juntos, em um prazo de 30 dias identificassem as anomalias existente no processo produtivo e elaborassem um plano de ação.

Com o Plano de Ação foram listadas as anomalias referentes ao consumo de energia elétrica da fabricação de etanol hidratado. Foram identificadas as anomalias existentes em cada processo referente ao consumo de energia elétrica, por esta ser uma ferramenta de gestão, utilizada para identificação e planejamento de atividades necessárias para o atingimento de um resultado desejado. Com esse método, identificou-se que a maior carga de consumo de energia elétrica estava relacionada diretamente com os motores elétricos dos diversos setores da indústria de etanol hidratado, destacando a oportunidade de melhorias Figura 2.

Plano de Ação - Redução no Consumo de Energia Elétrica						
Causa	O Que? What?	Como? How?	Onde? Where?	Por que? Why?	Quem? Who?	Quando? When?
Motores	Dados de viabilidade de inversor de frequência	Calculo de eficiencia energetica	Acionamento carga centrifuga	Para redução do consumo de energia com possível remanejo de controle de velocidade	Edcleibe	31/ 09/ 2015

**Figura 2:** Plano de Ação  
**Fonte:** Autor

Em virtude dos planos de ação foram selecionados por equipamento que mais impactava no consumo, sendo identificado que os motores consomem da medição mais de 85 % da planta, isso foi considerado consumo no momento como demonstrado na Figura 3.



**Figura 3:** Consumo Produção - Composição de Cargas  
**Fonte:** Autor

Após a identificação de onde deveria ter atuação para otimizar o consumo de energia, foi então utilizado uma importante ferramenta de gestão da qualidade o “Kaizen”. Foram aplicados os conhecimentos sobre a ferramenta, e chegou-se a três resultados sobre a (Geração de Energia Própria).

No 1º Grupo de Kaizen: foram realizados estudos, levantamentos, medições e ajustes de tensão para valores próximos da tensão nominal, melhorando desta forma o FP (Fator Potência) sem a necessidade de investimento em células e componentes para a correção precisa. Sendo os resultados de ganho estimados utilizando-se a Equação 1, conforme demonstrado na aplicação abaixo.

$$CPQ \times GFP \times TCPD \times ETG \times VTB = GR \tag{1}$$

Onde:

**CPQ** = consumo de energia do processo (mWh)

**GFP** = ganho na melhoria de fator de potência (%)

**TCPD** = toneladas de cana processada por dia.

**ETG** = eficiência da turbina do gerador.

**VTB** = valor da tonelada de bagaço (R\$)

**GR** = Ganho Real (R\$)

$$3,146 \text{ mWh} \times 9,54\% \times 4600 \times 5,9 \times \text{R}\$80,00 = \text{R}\$ 651.638,78$$

2º Grupo de Kaizen: Após aplicação da ferramenta chegou a conclusão de que seria necessário a instalação de inversor para controle de rotação do motor do exaustor 02 (dois) da caldeira. Sendo os resultados de ganho estimados utilizando-se a Equação 2, conforme demonstrado na aplicação abaixo.

$$\text{CPQ} \times \text{TCPD} \times \text{ETG} \times \text{VTB} = \text{GR} \quad (2)$$

Onde:

**CPQ** = consumo de energia do processo (kWh)

**TCPD** = toneladas de cana processada por dia.

**ETG** = eficiência da turbina do gerador.

**VTB** = valor da tonelada de bagaço (R\$)

**GR** = Ganho Real (R\$)

$$87 \text{ kWh}/1000 \times 4600 \times 5,9 \times \text{R}\$80,00 = \text{R}\$ 188.894,40$$

3º Grupo de Kaizen: Após os estudos e aplicação da ferramenta, chegou à conclusão que seria necessário a troca do motor de 150 CV para um motor de 131 CV, do ventilador primário da caldeira. Sendo os resultados de ganho estimados utilizando-se a Equação 2, conforme demonstrado na aplicação abaixo.

$$18,4 \text{ kWh} / 1000 \times 4600 \times 5,9 \times \text{R}\$80,00 = \text{R}\$ 39.950,08$$

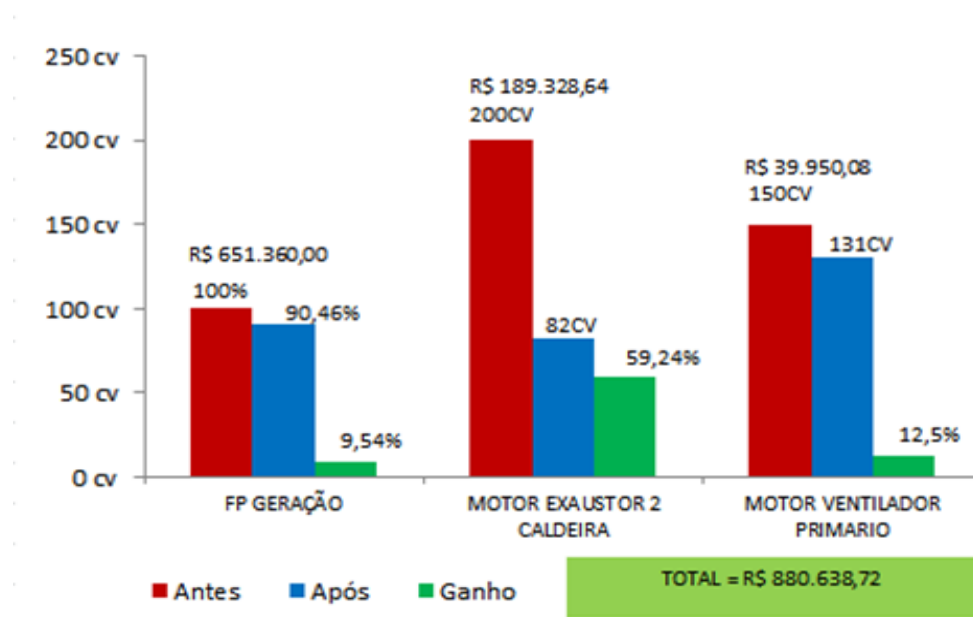
Um dos procedimentos adotados para melhoria no processo, em conjunto com o plano de ação acima apresentado foi a definição dos conceitos e responsabilidades para partida de motores, assegurando que na realização do acionamento destes haja comunicação clara e não sobrecarregue as fontes de energia elétrica da unidade, procedimento obrigatório a todos os colaboradores da Usina de Açúcar e Etanol.

Da mesma forma foi desenvolvido um procedimento, que na necessidade de partida de dois motores com potência igual ou superior a 50 cv deve-se solicitar por rádio a liberação da casa de força.

Para os casos em que fosse necessário o acionamento da interligação com a rede privada (Copel) será necessário o preenchimento do “Termo de Solicitação para Acionamento de motores utilizando a energia proveniente da Concessionária de Energia Elétrica”, sendo que ao acionar a utilização da rede privada, será necessário realizar a comunicação via rádio (interna) com a casa

de máquinas local para a liberação do uso da energia externa adquirida. Um detalhe importante no aspecto da comunicação interna está relacionado ao fato de que a utilização desta energia externa somente estaria liberada após a confirmação da casa de máquina.

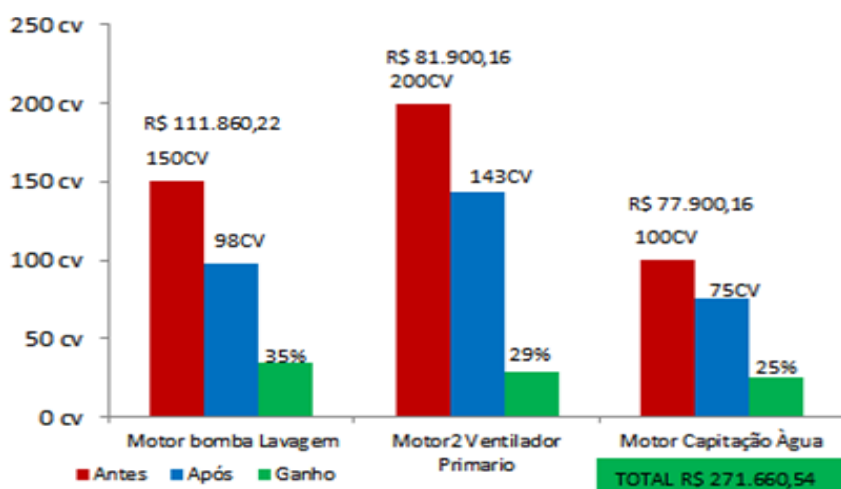
Diante de todas essas ações e com os investimentos iniciais realizados entre janeiro e março de 2016, sobre o fator de potência (FP) da geração, inversores, motores, treinamento e capacitação dos colaboradores foi possível obter ganho real na casa de R\$ 888.638,72, conforme demonstrado na Figura 4.



**Figura 4:** Ganhos com Investimentos Realizados

Fonte: Autor

Projetos em andamento com investimento em novos equipamentos, como aquisição de inversor de frequência para os motores da caldeira, motor do ventilador primário da caldeira e o motor da capitação de água prevê um ganho estimado de R\$271660,54 como demonstrado na Figura 5.

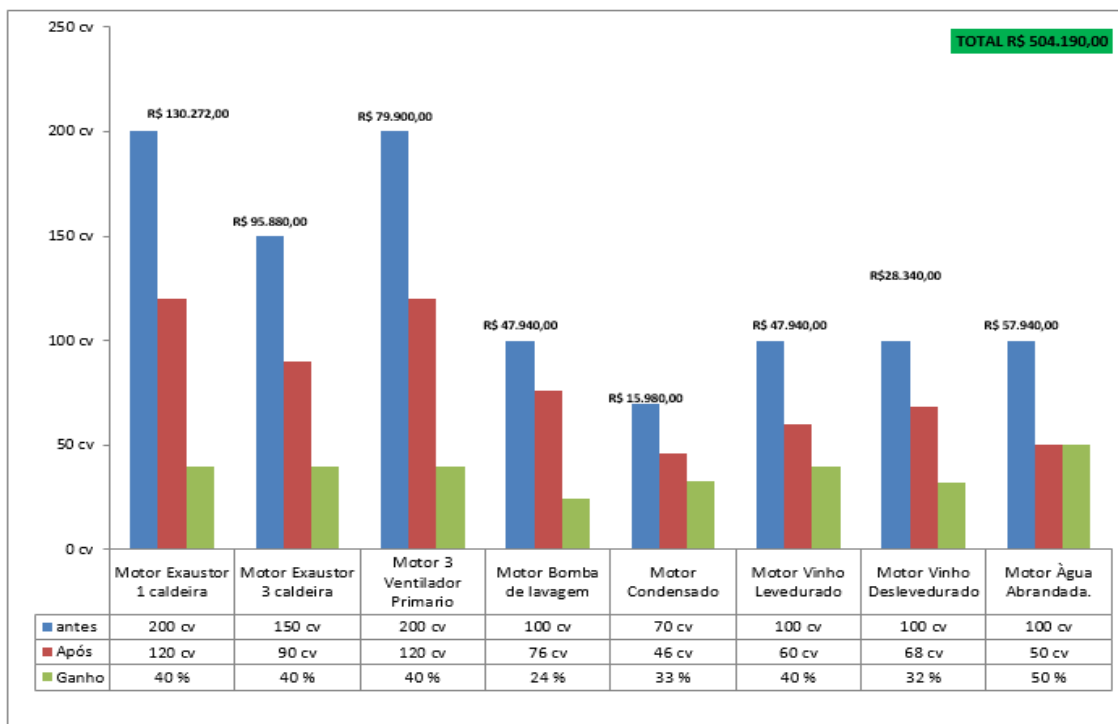


**Figura 5:** Ganhos com Projetos em Andamento

Fonte: Autor



Projetos futuros para aquisição de inversores de frequência e motores elétricos para o exaustor da caldeira, ventilador primário 3, bomba de lavagem têm uma estimativa de ganho de R\$ 504.196,06 conforme estudo realizado em campo como demonstrado na Figura 6.



**Figura 6:** Ganhos com novos Projetos  
**Fonte:** Autor

Os resultados com investimentos nos projetos já realizados no fator de potência, no inversor do motor do exaustor 2 da caldeira e com a substituição do motor do ventilador primário da caldeira, gera uma economia de valores próximos a R\$ 880.638,72/ano, com estimativa de ganhos para projetos em andamento para mais de R\$ 271.660,54/ano e para projetos futuros estimativa de R\$ 504.196,00/ano.

Levando-se em consideração esses aspectos os projetos realizados com investimento inicial de R\$ 16.118,00 obtiveram um total de ganho R\$ 880.638,72. Os projetos em andamento com investimento de 1.118,00 em novos equipamentos prevê um ganho estimado de R\$ 271.660,54. Os projetos futuros com investimento de R\$ 136.598,02 preveem uma estimativa de ganho de R\$ 504.196,06 por ano.

Com aplicação das ações para redução da potência dos motores, instalação dos inversores, foi possível realizar uma comparação no volume de bagaço em estoque, em comparação ao volume antes das mudanças, o que impactou em um ganho real com demonstrado na Quadro 1.

VISÃO GERAL							
STATUS	ÁREA	DESCRIÇÃO	ANTES	APÓS	GANHO	INVESTIMENTO	GANHO R\$/ANO
REALIZADO	FP POTÊNCIA	FP GERAÇÃO	100%	90,46%	9,54%	10.000,00	651.360,00
	INVERSOR	EXAUSTOR 2 CALDEIRA	200 CV	82 CV	59,24%	5.000,00	189.328,00
	MOTOR	VENTILADOR PRIMARIO	150 CV	131 CV	12,50%	XX	39.950,00
ANDAMENTO	MOTOR	BOMBA LAVAGEM	150 CV	98 CV	35%	1.120,00	111.860,00
	MOTOR	VENTILADOR PRIMARIO	200 CV	143 CV	29%	XX	81.900,00
	MOTOR	CAPTAÇÃO	100 CV	75 CV	25%	XX	77.900,00
PROJETO	INVERSOR	EXAUSTOR 1 CALDEIRA	200 CV	120 CV	40%	32.560,00	130.272,00
	INVERSOR	EXAUSTOR 3 CALDEIRA	150 CV	90 CV	40%	23.970,00	95.880,00
	INVERSOR	VENTILADOR PRIMARIO	200 CV	120 CV	40%	19.180,00	79.900,00
	INVERSOR	BOMBA LAVAGEM	100 CV	76 CV	24%	19.180,00	47.940,00
	INVERSOR	CONDENSADO CALDEIRA	70 CV	46 CV	33%	XX	15.980,00
	INVERSOR	VINHO LEVEDURADO	100 CV	60 CV	40%	14.380,00	47.940,00
	INVERSOR	VINHO DESLEVEDURADO	100 CV	68 CV	32%	14.380,00	28.340,00
	INVERSOR	BOMBA ABRANDADA	100 CV	50 CV	50%	12.940,00	57.940,00
<b>TOTAL</b>						<b>152.710,00</b>	<b>1.640.510,00</b>

**Quadro 1:** Visão Geral do Projeto**Fonte:** Autor

O presente trabalho abordou o tema da otimização do consumo de energia elétrica industrial em uma usina do setor sucroalcooleiro, evidenciando a viabilidade econômica das melhorias realizadas.

Levando-se em consideração esses aspectos são muitas as oportunidades de redução no consumo de energia elétrica em uma indústria. Como mostrado, esses projetos de redução no consumo de energia elétrica exigem investimentos inicial por parte da empresa, como no caso, a substituição de motores e aquisição de inversores de potência e a adequação da demanda do processo com o ajuste do fator de potência.

Vale ressaltar que os ganhos econômicos não foram apenas com os investimentos feitos em novos equipamentos, mas também em virtude da padronização dos procedimentos operacionais, assim o objetivo do trabalho foi alcançado com um resultado acima das expectativas estimada no tempo programado

## CONCLUSÃO

Este trabalho, demonstrou que o mais importante, dentro do objetivo proposto para otimização do consumo de energia elétrica na usina de fabricação de etanol, foi atingido! Apresentando ganhos consideráveis, sem a necessidade de grandes investimentos.

Em virtude dos fatos apresentados a supervisão do setor elétrico da usina devem manter os esforços para se ter o melhor fator de potência tanto para Copel quanto para os Geradores;

Levando-se em consideração os resultados obtidos é viável considerar a fiscalização por todos os supervisores do processo de fabricação de etanol hidratado do uso de cargas mantendo a Caldeira em funcionamento para economia de energia da concessionária. Considerando as tarifas de 2015 foram reduzidos mais de R\$150.000,00 em relação ao ano anterior. Recomendamos os redimensionamentos de bombas (remanejo ou reaproveitamento de materiais). Os estudos iniciais já apontam economia próxima de R\$300.000,00/ano;

Em vista dos argumentos apresentados, é importante destacar que ao se generalizar o problema para qualquer tipo de empresa, fica-se impossibilitado de enumerar todas as oportunidades de redução no consumo de energia de um setor industrial. Ao tratar das particularidades de cada indústria do setor sucroalcooleiro pode-se citar ainda, como objetivo de pesquisa futuras a autoprodução de energia elétrica para a comercialização gerando uma nova fonte de receita para a empresa.

### Referências

[Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL](http://www.aneel.gov.br): Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)

ANDREOLLI, C. Convergência de agricultura e energia: I., produção de biomassa celulósica para biocombustíveis e eletricidade. *Economia & Energia*, Belo Horizonte, ano 11, n. 66, p. 3-13, 2008.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A. **Metodologia Científica**. 5. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

DANTAS FILHO, Paulo. **Análise de custo na geração de Energia com Bagaço de Cana-de-Açúcar**. Universidade de São Paulo, São Paulo, p.1-175, abr. 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDENBERG, P.; GUERRA, F. **Inovação na Geração de Energia Elétrica a Partir do Bagaço de Cana**. In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

GOMAZAKO, M. S.; OLIVEIRA, C. J. **Geração de Bagaço e Cogeração de Energia Elétrica Na Indústria sucroalcooleira**. In: v Workshop Internacional Brasil-Japão em Biocombustíveis, Meio Ambiente e biomassa, 2007, Campinas-SP, **Anais...** UNICAMP: Campinas, SP, 2007.

PERES, Luiz; TEIXEIRA, Nelson. **Otimização do processo de cogeração em uma Usina Sucroalcooleira**. Bauru, p 1-12, 2006.

SCARPINELLA, G.A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. 2002. 162f. Dissertação (Mestrado) Programa Interunidade de Pós Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2002.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **\*Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.\*** 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p.

TEIXEIRA, F., LORA, E. **Experimental and analytion of NOx emissions in bagasse boiler**. Biomass & Bioenergy. V.26,pp.571-577.2003.

YIN, R. K., **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. Tradução Daniel Grassi. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.