

Auditoria, diagnóstico energético e proposta de ação: análise da viabilidade de implantação de um sistema alternativo de geração de energia em uma indústria de médio porte da área metal-mecânica

Juliana Sens Nunes Kapp (SENAI-SP) juliana.kapp@sp.senai.br
Leonardo Simões do Amaral (SENAI-SP) leonardo_simoes@outlook.com.br
Florisvaldo Edeleu Boni Filho (SENAI-SP) florisvaldoebf@gmail.com
Lidia Louback Paranhos (SENAI-SP) lidia.paranhos@sp.senai.br

Resumo:

O objetivo deste trabalho é avaliar a possibilidade de redução de custos com energia elétrica em uma indústria de usinagem de médio porte da cidade de São Carlos-SP, através de uma auditoria e diagnóstico energético. Para tal foi pesquisada a viabilidade econômica da instalação de um sistema alternativo de geração de energia elétrica, a fim de realizar a troca de parte da energia fornecida pela concessionária por outra mais barata. O resultado deste trabalho é um projeto de implantação de um sistema utilizando um gerador termoelétrico específico, cuja previsão de economia líquida anual é de R\$ 24.742, com retorno do investimento em 34 meses.

Palavras chave: Energia, Auditoria Energética, Sustentabilidade, Eficiência Energética, Cogeração.

Audit, energy diagnosis and proposed action: implementation feasibility analysis of an alternative power generation system in a medium-sized metal-mechanical industry

Abstract:

This study aims to evaluate the possibility of electricity cost reduction for a medium-sized machining industry in Sao Carlos - SP through an audit and energy diagnosis. Therefore, the economic feasibility of installing an alternative electric power generation system was assessed. It was done in order to carry out the exchange of the energy provided by the power company for another cheaper. This work resulted in a setup implantation project of a system using a specific thermoelectric generator whose planned annual net savings is R\$ 24,742, and the expected return on investment is 34 months.

Key-words: Energy, Energy Audit, Sustainability, Energy Efficiency, Cogeneration.

1. Introdução

No atual cenário brasileiro, político, econômico e climático, as tarifas de energia elétrica tem se elevado significativamente. Boa parte das indústrias busca reduzir custos em relação ao consumo de energia elétrica, através de soluções técnicas, entre estas:

- Ações de eficiência energética: otimizando o uso de energia em máquinas e processos, a fim de combater o desperdício. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a definição de

Eficiência Energética é a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

- Cogeração: substituindo parte da energia elétrica comprada da concessionária de energia por outros métodos de geração de energia mais barata. Uma das definições de cogeração é a produção combinada de eletricidade e calor obtida pelo uso sequencial de energia a partir de um combustível (FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION, 1978).

Hoje a maior parte das indústrias utiliza em seus processos energia fornecida pelas distribuidoras de energia devido ao fácil acesso e baixo custo de investimento em sua instalação. A figura 1 mostra a oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil, segundo o Balanço Energético Nacional (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2015). É possível ver que a matriz energética brasileira é bastante diversificada, embora ainda predominantemente hidráulica, o que torna o país suscetível a crises climáticas e hídricas, como a recente crise da seca na região sudeste.

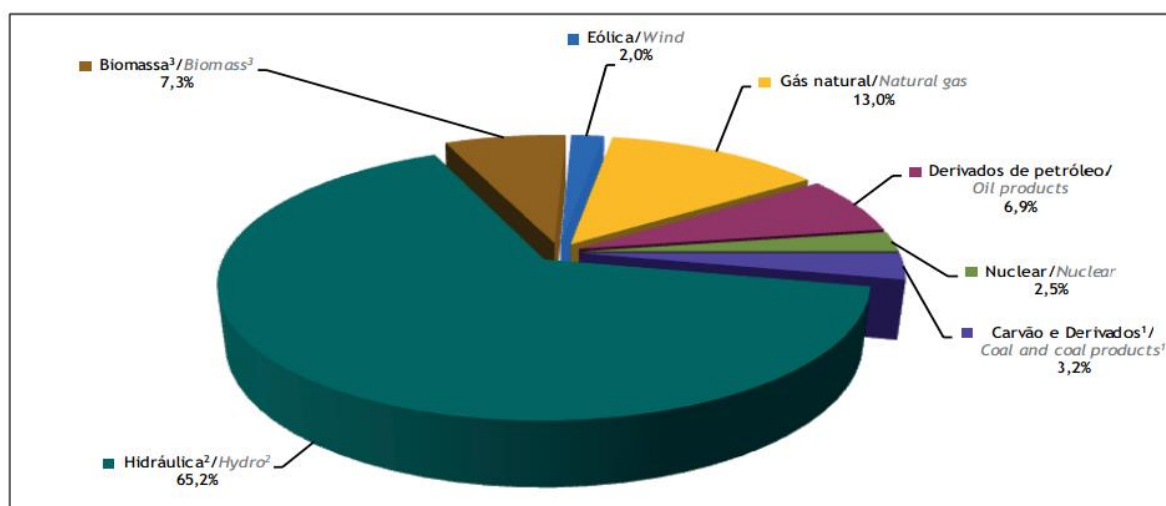


Figura 1 – Oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil segundo o Balanço Energético Nacional (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2015)

Variar a fonte de energia, efficientizar processos e máquinas, e implementar processos de cogeração são boas opções para a indústria garantir o fornecimento de energia frente a sua demanda, independentemente de questões climáticas. O crescimento sustentável de uma indústria implica em garantir seu fornecimento energético. Mas além disso, podem haver vantagens econômicas e existem no mercado diversas tecnologias prontas para o empresário que quer implementar soluções em eficiência energética e cogeração, além de incentivos para financiamentos específicos na área de energia.

2. Metodologia

A empresa estudada neste trabalho tem a maior parte de seus processos industriais relacionados à usinagem. A primeira abordagem do estudo foi uma auditoria energética da empresa (ELETROBRÁS 2009), isto é, verificou-se onde e como esta indústria gasta a energia comprada.

Segundo VIANA et al (2012), é preciso conhecer, diagnosticar a realidade energética, para então estabelecer as prioridades, implantar os projetos de melhoria e de redução de perdas e

acompanhar seus resultados, em um processo contínuo e com eventuais re-alimentações. Ainda segundo este autor, esta abordagem é válida para instalações novas, em caráter preventivo, ou instalações existentes, em caráter corretivo, em empresas industriais ou comerciais. Para isto VIANA et al (2012) propõe quatro etapas, vistas na figura 2. A análise ou auditoria energética atende às duas primeiras etapas, identificando e quantificando os fluxos energéticos ao longo do processo produtivo de bens e serviços.

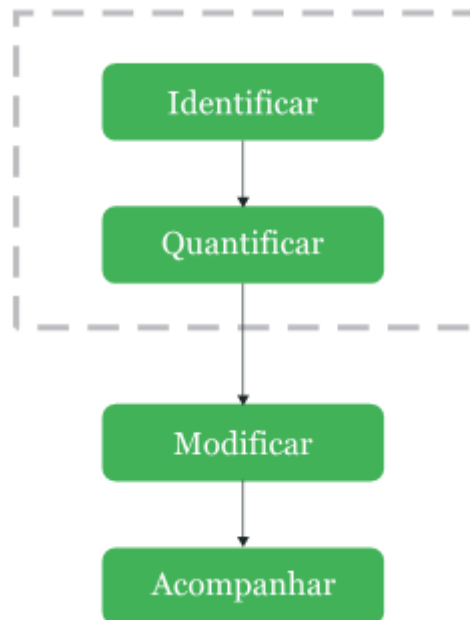


Figura 2: Etapas de um programa de uso racional de energia (VIANA et al, 2012)

Desta forma as avaliações energéticas constituem um primeiro e decisivo passo na direção de traçar metas e ações de melhoria e eficiência de processos industriais.

Sendo assim, analisando os dados coletados concluiu-se que dois processos de conformação mecânica desta empresa tem suas máquinas como as responsáveis por aproximadamente 50 % da energia utilizada nesta indústria.

Em seguida foi realizado um estudo para a verificação da viabilidade técnica e financeira da implantação de um sistema de cogeração de energia nas máquinas diagnosticadas como maiores consumidoras de energia, comparando diferentes opções de tecnologias disponíveis no mercado.

Entre as possíveis formas de energia para a geração de energia decidiu-se investigar a viabilidade da utilização da energia térmica obtida a partir de diferentes tipos de geradores. Os geradores de combustão interna são máquinas térmicas, classificados em dois tipos, segundo o tipo de combustível que utilizam: motores do ciclo Otto e motores do ciclo Diesel (COSTA, 2003).

Os geradores de ciclo Otto são aqueles que aspiram a mistura ar-combustível preparada antes de ser comprimida no interior dos cilindros. A combustão da mistura é provocada por centelha produzida numa vela de ignição. Neste processo podemos utilizar diversos tipos de fontes de energia tais como gasolina, álcool, gás.

Motores do ciclo Diesel são aqueles que aspiram ar, que após ser comprimido no interior dos cilindros, recebe o combustível sob pressão superior àquela em que o ar se encontra. A combustão ocorre por autoignição quando o combustível entra em contato com o ar aquecido pela pressão elevada. O combustível que é injetado ao final da compressão do ar. Neste

processo os geradores são construídos para utilizar alguns tipos específicos de combustíveis tais como, carvão em pó, diesel, gás, gasolina, álcool.

O o objetivo deste trabalho foi elaborar uma sugestão de implementação um sistema alternativo de geração de energia através de um modelo de gerador termoelétrico, que possibilite vantagem financeira à empresa. Para isto foram realizadas a coleta e análise dos dados, com os resultados destacados a seguir.

3. Resultados

É muito importante saber como e onde a energia está sendo consumida em uma indústria, pois as ações de melhorias terão maior impacto se realizadas em pontos energeticamente relevantes do processo, os quais serão evidenciados após auditoria energética. Para fazer esta análise foi realizada a coleta de dados de consumo e custos energéticos das máquinas utilizadas na empresa, os quais apresentados na tabela 1 a seguir.

MÁQUINAS	HORAS DIARIAS	HORA MENSAL	KVA HORA
Eletro Erosão a Fio	12	288	6,6
Eletro Erosão a Fio	12	288	7,2
Eletro Erosão Penetração	8	192	8,2
Torno CNC	8	192	15
Centro de Usinagem	8	192	25
Centro de Usinagem	8	192	25
Torno Convencional	8	192	11,2
Fresadora Ferramenteira	8	192	9,8
TOTAL	72	1728	118

Tabela 1: As máquinas e suas horas de utilização (AUTORES, 2015)

A tabela 1 mostra valores médios do consumo KVA HORA, HORA DIÁRIA e HORA MENSAL de cada máquina do processo analisado. Podemos observar um consumo diário de 72 horas, um consumo mensal de 1728 horas e um consumo por hora de 118 KVA. Através da tabela é possível observar que as máquinas com maior utilização diária e mensal são as máquinas com processo de eletro erosão a fio, com utilização de 12 horas diária e 288 horas mensal. Analisando o consumo KVA hora as máquinas com maior consumo são as máquinas com processo CNC, entre eles se destacam Torno CNC com 15 KVA/H e Centro de Usinagem com 25 KVA/H.

A tabela 2 mostra os valores médios de consumo energético das máquinas relacionadas.

MÁQUINAS	TOTAL KVA MENSAL	CUSTO KVA HORA (R\$)	CUSTO KVA MENSAL (R\$)
Eletro Erosão a Fio	1.900,8	2,574	741,3

Eletro Erosão a Fio	2.073,3	2,808	808,7
Eletro Erosão Penetração	1.574,4	3,198	614,0
Torno CNC	2.880,0	5,85	1.123,2
Centro de Usinagem	4.800,0	9,75	1.872,0
Centro de Usinagem	4.800,0	9,75	1.872,0
Torno Convencional	2.150,4	4,368	838,656
Fresadora Ferramenteira	1.881,4	3,822	783,824
TOTAL	22.060,3	42,12	8.653,7

Tabela 2 - Custo de processo (AUTORES, 2015)

A tabela 2 permite observar o custo com energia dos processos mostrando o TOTAL KVA MENSAL, CUSTO KVA HORA e CUSTO KVA MENSAL. Analisando o processo verificou-se um consumo mensal de 22.060,3 KVA, um custo hora de R\$ 42,12 e um custo mensal de R\$ 8.653,7. Ainda através da tabela 2, concluiu-se que as máquinas de maior custo mensal, com energia fornecida pela distribuidora, são as máquinas com processo a CNC, entre eles se destacam Torno CNC R\$ 1.123,2 e Centro de Usinagem R\$ 1.872,0.

A tabela 3 mostra dados de consumo energético das máquinas escolhidas nesta pesquisa.

MÁQUINAS	CONSUMO KVA HORA	CONSUMO KVA MENSAL	CUSTO KVA POR MÊS (R\$)
Torno CNC	15	2880	1.123,2
Centro de Usinagem	25	4800	1.872,0
Centro de Usinagem	25	4800	1.872,0
TOTAL	65 KVA HORA	12,480 KVA MENSAL	4.867,2

Tabela 3 – Dados das máquinas escolhidas para implementação do processo de cogeração; valores relativos à energia comprada da distribuidora (AUTORES, 2015)

A tabela 3 mostra dados das máquinas escolhidas para implementação do processo de cogeração, mostrando CONSUMO KVA HORA, CONSUMO KVA MENSAL e CUSTO KVA MENSAL. Estas máquinas foram escolhidas por serem responsáveis pela maior parcela no custo da energia mensal, onde se destacam um torno a CNC e dois centros de usinagem. Observando os dados podemos observar o consumo hora de 65 KVA, um consumo mensal de 12,480 KVA e um custo mensal de R\$4.867,2.

KVA TOTAL MÊS	KVA TOTAL DOS PROCESSOS	KVA TOTAL RESTANTE
28.205,0 KVA	22.060,3 KVA	6.144,7 KVA
R\$ 10.152,8	R\$ 8.653,7	R\$ 1.499,1

Tabela 4 – Dados do mês analisado (AUTORES, 2015)

A tabela 4 mostra o custo e consumo de KVA TOTAL MENSAL, KVA DOS PROCESSOS e KVA RESTANTE do processo. Observamos um consumo mensal de 28.295 KVA gerando

um custo de R\$ 10.152,8, onde 22.060,3 KVA são dos processos analisados com um custo de R\$ 8.653,7, já os 6.144,7 KVA restante são referente aos gastos com iluminação, ar condicionado e chuveiro, totalizando um gasto de R\$ 1.499,1.

Para a análise da viabilidade da implantação de um sistema de cogeração, foram pesquisados diferentes geradores termoeletrônicos disponíveis no mercado. Entre os fabricantes analisados, as tecnologias que apresentaram maior benefício, como custo de aquisição e consumo, são as indicadas na tabela 5.

Fabricantes De Geradores
KAYAMA
HIMOINSA
GENERAC
HEIMER

Tabela 5 – Fabricantes de geradores (AUTORES, 2015)

Entre os geradores a diesel, os dois com mais vantagens financeiras podem ser observados na tabela 6.

MARCAS	CONSUMO HORA	KVA	LITRO MÊS	CUSTO MÊS	ECONOMIA MÊS
KAYAMA	11,3 L	72	2.169,6	4.317,5	549
HEIMER	17,0 L	80	3.264,0	6.495,3	-1.628

Tabela 6 – Geradores a diesel, cujo custo do é litro = R\$ 1,99; legenda: a cor vermelha representa prejuízo e verde representa lucro

Na tabela 6 as marcas KAYAMA e HEIMER, que apresentaram maiores benefícios referentes a consumo. Entre estas, a marca KAYAMA nos trás uma economia de R\$ 549, já a marca HEIMER ficou em segundo lugar com menor eficiência, gerando um custo maior de R\$ 1.628 comparado com o processo atual utilizado.

Entre os geradores a gás natural os dois com mais vantagens foram analisados e citados na tabela 7. As marcas HEIMER e GENERAC apresentaram maiores benefícios referentes ao consumo, entretanto nenhuma das marcas apresentou economia comparada com o processo atual de energia utilizado, onde os quais a HEIMER apresentou um custo maior de R\$ 450,7 e a GENERAC um custo maior de R\$ 1.591.

MARCAS	CONSUMO HORA	KVA	m ³ MÊS	CUSTO MÊS (R\$)	ECONOMIA MÊS(R\$)
HEIMER	19,3 m ³	75	3.711	4.416,5	-450,7
GENERAC	29,0 m ³	70	5.568	6.458,8	-1,591

Tabela 7- Geradores a gás natural cujo m³ = R\$ 1,19; legenda: a cor vermelha representa prejuízo e verde representa lucro (AUTORES, 2015)

Pode-se observar na tabela 8 que entre os geradores a gás propano a marca com maior vantagem referente ao consumo foi a HEIMER que apresentou o melhor custo benéfico comparado com todos outros tipos de geradores, causando uma economia de R\$ 2.311 comparada com o processo atual de energia comprada da distribuidora.

MARCAS	CONSUMO HORA	KVA	KG MÊS	CUSTO MÊS	ECONOMIA MÊS
HEIMER	11 GALOES	70	2,112	2,555	2,311

Tabelas 8 – Geradores de gás propano cujo 1 kg = R\$ 1,21; legenda: a cor vermelha representa prejuízo e verde representa lucro (AUTORES, 2015)

Observando a tabela 9 temos que o gerador com melhor benefício para ser implementado no processo estudado seria o da marca HEIMER de gás propano, com uma economia de prevista de R\$ 2.311 por mês. Esta opção de tecnologia tornaria o investimento viável e lucrativo.

MARCAS	CONSUMO HORA	KVA	KG MÊS	CUSTO MÊS (R\$)	ECONOMIA MÊS(R\$)
HEIMER	11 GALOES /H	70	2.112	2.555	2.311

Tabela 9 – Geradores de gás propano cujo 1 kg = r\$ 1,21; legenda: a cor vermelha representa prejuízo e verde representa lucro (AUTORES, 2015)

A tabela 10 descreve os custos de aquisição do gerador e da torre de resfriamento, e a tabela 11 mostra o custo total na aquisição da tecnologia escolhida.

GERADOR	INSTALAÇÃO DO GERADOR	CUSTO TOTAL
R\$ 57.999	GRÁTIS PELA EMPRESA	R\$57.999

Tabela 10 – Custos de aquisição do gerador (AUTORES, 2015)

TORRE DE REFRIGERAMENTO	INSTALAÇÃO CILINDRO DE GÁS	CUSTO TOTAL (R\$)
R\$ 12.599	GRÁTIS PELO FORNECEDOR	12.599

Tabela 11 - Custo de aquisição da torre de resfriamento (AUTORES, 2015)

TORRE DE REFRIGERAMENTO	GERADOR	CUSTO TOTAL
12,599 R\$	57,999 R\$	70,598

Tabela 12 - Custo de aquisição total (AUTORES, 2015)

Desta forma, para a implementação do novo sistema de geração de energia o investimento necessário será de R\$ 70.598. Já a tabela 13 mostra a economia anual prevista com esta ação.

Economia bruta mensal	Gastos com manutenções	Economia bruta anual
2.311	3.000	27.732
Economia líquida mensal	ECONOMIA LÍQUIDA ANUAL	

2.061

24.742

Tabela 13 – Economia anual (R\$) (AUTORES, 2015)

Analisando a tabela 13 tem-se uma economia mensal de R\$ 2.311 referente à instalação do sistema de cogeração, resultando em uma economia bruta anual de R\$ 27.732. Foi considerado também o gasto anual com manutenções de R\$ 3.000. Descontando da economia bruta anual com os custos com manutenções o resultado será uma economia líquida anual de R\$ 24.742 totalizando uma economia mensal de R\$ 2.061.

Na tabela 14 é descrito um custo total de investimento de R\$ 70.598 tendo uma economia líquida mensal de R\$ 2.061, já descontando os gastos com manutenção dos sistemas implementados, resultando em um tempo de retorno de 34 meses.

CUSTO DO INVESTIMENTO	ECONOMIA MENSAL LIQUIDA	TEMPO DE RETORNO
R\$ 70.598	R\$ 2.061	34 MESES

Tabela 14 – Tempo de retorno do investimento (AUTORES, 2015)

4. Conclusão

Existem muitas soluções técnicas em eficiência energética e cogeração de energia que podem ser adotadas pela indústria para redução de custos, economia de energia e/ou visando minimizar os impactos ambientais. Neste estudo foi proposta uma solução técnica para a redução de custos com energia elétrica em uma indústria da área metal-mecânica de médio porte da cidade de São Carlos-SP.

Diante da auditoria e diagnóstico energético realizados neste trabalho, concluiu-se que é possível obter economia com a implementação de um sistema alternativo geração de energia na empresa cujos dados energéticos foram analisados. A economia líquida anual prevista é de R\$ 24.742, e retorno do investimento previsto se dará em 34 meses.

Além da vantagem financeira, um sistema alternativo dá a empresa a opção do controle sobre fornecimento de energia elétrica, deixando-a menos suscetível às falhas técnicas ou colapsos no sistema de fornecimento das distribuidoras, como em eventos de crises climáticas e hídricas. Outra vantagem é a opção de cogeração, o que agrega bastante eficiência energética ao processo.

Como sugestões para futuros trabalhos temos a implementação, medição e verificação das soluções propostas, bem como de seu real impacto financeiro na empresa. Além de comparar as formas de energia utilizadas não só em relação ao custo, mas também ao seu impacto ambiental, utilizando-se, por exemplo, os indicadores de emissão de CO₂ como parâmetro.

Referências

COSTA, A. A. S. *Análise Técnico-Econômica Da Utilização De Um Gerador À Gás Natural Em Um Sistema De Cogeração: Estudo De Caso*. UNESP, Dissertação de Mestrado. Guaratinguetá, 2003.

ELETROBRÁS et al. *Metodologia de Realização de Diagnóstico Energético: Guia Básico*. Brasília: CNI/IEL, 2009. (PROCEL Indústria, 3)

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético Nacional 2015: ano base 2014*. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf. Acesso em: 25 set 2015.

FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION, *Public Utilities Regulatory Policies Act*, Estados Unidos, 1978.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Eficiência Energética e Conservação de Energia*. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>>. Acesso em 19 de novembro de 2014.

ROSEN, M. A; Le, M. N; DINCER, I. *Efficiency analysis of a cogeneration and district energy system.* Applied Thermal Engineering, Volume 25, Issue 1, Pages 147–159, January 2005.

SILVA, A. V; MORAES; A. K; ASSIS, L. E. *Eficiência Energética Aplicada à Queima de Gases Combustíveis.* Esteio, 2010.

VIANA, A. N. C et al. *Eficiência energética: fundamentos e aplicações*, 1a. Edição. Elektro/Universidade Federal de Itajubá/Excen/Fupai. Campinas – SP, 2012.