

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

PAOLA GABRIELA MOURA NASCIMENTO

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA METALÚRGICA**

Bagé

2017

PAOLA GABRIELA MOURA NASCIMENTO

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA METALÚRGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Energia da Universidade Federal do Pampa,
como requisito parcial de obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Martin Cruz Rodriguez Paz

**Bagé
2017**

PAOLA GABRIELA MOURA NASCIMENTO

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA METALÚRGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Energia da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 01 de dezembro de 2017.
Banca examinadora:

Prof. Dr. Martin Cruz Rodriguez Paz

Orientador

UNIPAMPA

Prof. Dr. Gustavo Marchesan

UNIPAMPA

Prof. Dr. Luciano Vieceli Taveira

UNIPAMPA

Dedico este trabalho ao meu pai
Geraldo, sempre em meus pensamentos e
em meu coração.

AGRADECIMENTO

À minha mãe Sandra por tudo que tem feito durante a minha formação como ser humano e como profissional e ao meu irmão Rafael por todo suporte dado nos momentos em que eu mais precisava.

Ao meu orientador professor Martin Cruz, pela orientação prestada e a todos os professores que direta ou indiretamente influenciaram na minha formação.

À Nexa Resources por me conceder o estágio, a realização deste trabalho e possibilitar meu crescimento profissional.

Ao engenheiro Diogo, por transmitir todo seu imenso conhecimento e pela sabedoria e inspiração transmitida.

Ao amigo e engenheiro Thiago Rego pelos momentos de companheirismo em toda essa jornada.

Por último e não menos importante, a todos os amigos e colegas que dividiram comigo seus conhecimentos e amizade, meu muito obrigada.

“As mentes são como para-quedas, só funcionam se estiverem abertas”.

Ruth Nolle

RESUMO

O aumento do preço da energia e a pressão para reduzir as emissões de CO₂, aliados à preocupação com a sustentabilidade levaram ao estudo da eficiência energética e à sua conseqüente diminuição no desperdício de energia, na otimização da sua produção e na promoção da utilização racional e eficiente da energia já existente.

O presente trabalho, através de uma revisão bibliográfica, tem por objetivo principal realizar um estudo de eficiência energética em uma empresa metalúrgica, que possui elevado custo e demanda de energia.

Foi feito um estudo sobre o consumo de energia na indústria nacional e as principais fontes de energia, como forma de avaliar qual a melhor forma de realizar a eficiência energética na mesma, o que revelou que o setor apresenta um grande potencial de redução do consumo de energia elétrica.

Foi abordado também as principais oportunidades a serem realizadas na indústria como forma de economia de energia e quais as barreiras encontradas para o avanço da eficiência energética no setor.

Um estudo de caso é apresentado, utilizando o programa de Gestão de Energia aliado aos princípios do PDCA, a fim de mostrar o impacto que ocorre quando é feita eficiência energética na indústria e quão importante é que todos os colaboradores da empresa se engajem no programa para que se tenha bons resultados.

Foi possível observar que medidas simples e que envolvem comportamento pessoal trazem resultados satisfatórios na redução do consumo de energia elétrica. É importante que o senso de dono seja aflorado nos colaboradores para que haja mudança de hábitos e instigue-os na procura constante por um processo de produção mais eficiente energeticamente assim como economicamente.

Palavras-Chave: Eficiência energética na indústria, gestão de energia.

ABSTRACT

The increase in energy prices and the pressure to reduce CO₂ emissions, coupled with the concern for sustainability, have led to the study of energy efficiency and its consequent reduction in energy waste, optimization of its production and the promotion of rational and efficient use of existing energy.

The present work, through a bibliographical review, has as main objective to carry out an energy efficiency study in a metallurgical company, that has high costs and energy demands.

A study on energy consumption in the national industry and the main sources of energy was done as a way to assess how best to achieve energy efficiency in the industry, which revealed that the sector has a great potential to reduce energy electricity consumption.

It also addressed the main opportunities to be realized in the industry as a form of energy saving and the barriers found for the advance of energy efficiency in the sector.

A case study is presented using the Energy Management program aligned with the principles of the PDCA in order to show the impact that occurs when energy efficiency is made in the industry and how important it is that all employees of the company engage in the program, to achieve good results.

It was possible to observe that simple measures involving personal behavior bring satisfactory results in the reduction of electric energy consumption. It is important that the owner's sense is raised in the employees to change habits and instill them in the constant search for a production process more energy-efficient as well as economically.

Keywords: Energy efficiency in industry, energy management.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Consumo de energia por setor - 1990, 2000, 2010 e 2012.	18
FIGURA 2 - Alterações na intensidade da energia primária para países selecionados.	20
FIGURA 3 – Consumo de energia em indústrias energointensivas.	21
FIGURA 4 - Consumo específico de energia em setores industriais selecionados (tep/10 ³ t.).....	22
FIGURA 5 - Intensidade elétrica e energética na indústria.	23
FIGURA 6 - Ganhos de eficiência energética na indústria: energia elétrica.....	23
FIGURA 7 - Participação dos subsetores no total da energia elétrica conservada na indústria.....	24
FIGURA 8 - Avanço relativo da eficiência energética (eletricidade) por setor da indústria.....	25
FIGURA 9 - Pilares do PGE.	32
FIGURA 10 - Ciclo PDCA.....	32
FIGURA 11 - Vista aérea da Nexa em Três Marias (MG).	39
FIGURA 12 - Medidores de consumo de energia setoriais.	40
FIGURA 13 - Representação dos setores produtivos no consumo específico de energia Smelter.	41
FIGURA 14 - Análise de tendência consumo específico EE Smelter sem eletrólise (ET).	42
FIGURA 15 - Análise orçado vs. realizado consumo específico EE Smelter sem ET.	42
FIGURA 16 - Consumo energia elétrica do Forno Ajax II via SIGE.....	43
FIGURA 17 - Refletores antes e depois do teste de funcionalidade dos relés.....	44
FIGURA 18 – Refletores trocados para LED.....	45
FIGURA 19 - Refletores desligados durante o dia após troca de telhas.	45
FIGURA 20 - Lembrete de desligamento das unidades hidráulicas.	46
FIGURA 21 - Lembretes afixados nos painéis de controle.....	46
FIGURA 22 - Forno de espera desligado.	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Consumo final energético no setor industrial em 2008.....	19
TABELA 2 - Índices de avaliação por segmento	26
TABELA 3 - Potencial de economia dos principais usos industriais da energia.	28
TABELA 4 - Principais barreiras apontadas para diferentes setores da indústria.	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy
Admin	Administração
BEU	Balanço de energia útil
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CEC	Custo de Energia Conservada
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
DRM	Depósito de Rejeitos Murici
EE	Energia elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ET	Eletrólise
F.B	Fundição de Borrás
GWh	Gigawatts-hora
IEA	<i>Internacional Energy Agency</i>
kW	Quilowatts
kWh/t	Quilowatt-hora/tonelada
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
M300	Meta 300
Mtep	Milhões de toneladas equivalentes de petróleo
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PEE	Programa de Eficiência Energética
PGE	Programa de Gestão de Energia
PIB	Produto Interno Bruto
PROCEL	Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética

PROESCO	Apoio a Projetos de Eficiência Energética
R\$	Reais
SE-E	Subestação E
SIGE	Sistema Integrado de Gestão de Energia
T	Tonelada
Tep	Tonelada equivalente de petróleo
TPES	<i>Total Primary Energy Supply</i>
VSD	<i>Variable Speed Drive</i>
W	Watts
ZnO	Óxido de zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo geral	16
1.2 Objetivos específicos	16
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Eficiência energética	17
2.2 Consumo de energia na indústria nacional	18
2.3 Eficiência energética na indústria nacional	21
2.3.1 Principais oportunidades e barreiras para a redução de consumo de energia na indústria	27
2.4 Diagnóstico e implementação de eficiência energética na indústria	30
2.4.1 Gestão de energia.....	31
2.4.1.1. Planejar	33
2.4.1.2 Executar	34
2.4.1.3 Checar.....	37
2.4.1.4 Agir.....	38
3. DESENVOLVIMENTO	39
3.1 Caracterização da organização em estudo	39
3.2 A gestão de energia interna	40
3.2.1 Identificação dos vetores primários e secundários	41
3.2.2 Identificação dos parâmetros de controle	42
3.2.3 Estabelecimento das metas de redução de consumo.....	43
3.2.4 Estabelecimento dos sistemas de medição	43
3.2.5 Ações realizadas de Ver e Agir.....	44
3.2.5.1 Desligamento de refletores	44
3.2.5.2 Desligamento de unidades hidráulicas nos fornos da Fundição	46

3.2.5.3 Desligamento do Forno de Espera.....	47
3.2.5.4 Apresentação do projeto de Redução do Consumo de Energia Elétrica	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5.1 Sugestão de trabalhos futuros	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Quando boa parte do Brasil passou por severas limitações de oferta de energia elétrica nos anos 2001 e 2002, as indústrias buscaram a preservação dos seus negócios por meio de medidas emergenciais de eficiência energética e até cortes na produção. Desde então ainda persiste no Brasil a ideia de que eficiência está associada a corte de energia. A eficiência energética é uma alternativa real de preservação de investimentos e ganhos em curto prazo.

Apesar da indústria ser o setor que possui maior demanda de energia elétrica, o Brasil não apresenta uma política de eficiência energética de longo prazo específica para o setor. Estudos mostram que o total de energia conservada na indústria, através da eficiência energética, pode chegar a até 9.243 GWh até 2019 (EPE, 2010).

A participação do setor metalúrgico no consumo final energético teve crescimento acentuado ao longo do período de 1970 até 2014, alcançando no final do de 2014, 21,6% do consumo do setor industrial e 9,5% do consumo total de energia do país (Brasil, 2015).

Já a participação da Metalurgia no consumo de energia elétrica da indústria foi de 26,3% em 2014 e 12,2% no país (Brasil, 2015).

A implantação de programas, projetos e atividades de conservação e uso eficiente de energia pelos diversos segmentos industriais, deve ser permanentemente estimulada, considerando-se os desafios que o setor energético vem enfrentando para atender a demanda em todas as regiões do país.

Uma importante ferramenta para a eficiência energética na indústria é a gestão de energia, onde é realizado todo um processo de análise de que forma a energia é utilizada, quais medidas podem ser adotadas para a redução do consumo, implantação de ações e acompanhamento das mesmas.

Empresas que investem em projetos de eficiência energética podem economizar recursos, ganhar competitividade e amenizar a pressão sobre o aumento da oferta de energia. Postergar parte do investimento no aumento da oferta de energia permite ao governo e ao empresário liberarem recursos para outras prioridades, sem perda de qualidade, segurança no abastecimento e com ganhos sociais e ambientais.

A Nexa Resources, organização de estudo deste trabalho, é uma empresa de mineração global que faz parte do grupo Votorantim e atua no mercado de metais não-ferrosos, sendo hoje uma das principais mineradoras do mundo e com uma posição

de liderança na América Latina. Em 2016 foram 273,3 mil toneladas de zinco metálico produzidas no Brasil, sendo 186,7 mil toneladas somente na unidade de Três Marias (MG) (Votorantim Metais, 2016).

1.1 Objetivo geral

Realizar estudo de eficiência energética em uma empresa metalúrgica.

1.2 Objetivos específicos

- Apresentar conceitos que demonstrem a importância da eficiência energética;
- Apresentar o potencial de redução do consumo de energia elétrica em diferentes setores da indústria;
- Apresentar oportunidades de redução do consumo de energia elétrica;
- Apresentar o Programa de Gestão de Energia.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão bibliográfica tem como objetivo principal servir de base teórica para este trabalho.

Inicialmente, faz-se uma abordagem geral da eficiência energética no Brasil, além de mostrar o perfil de consumo de energia elétrica na indústria nacional e quais os setores que mais consomem energia.

Aborda-se a economia de energia gerada com ações de eficiência energética para os principais setores da indústria e as barreiras encontradas.

Por fim, é estudado como uma gestão de energia pode ser implementada na indústria, na intenção de reduzir os custos com energia elétrica e aplicar diretrizes claras e objetivas como forma de incentivo à participação de todos nesse processo.

2.1 Eficiência energética

Em um estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (2014) é definido eficiência energética como uma atividade que procura melhorar o uso das fontes de energia e realizar seu uso racional. Já a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO, 2015) diz que a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

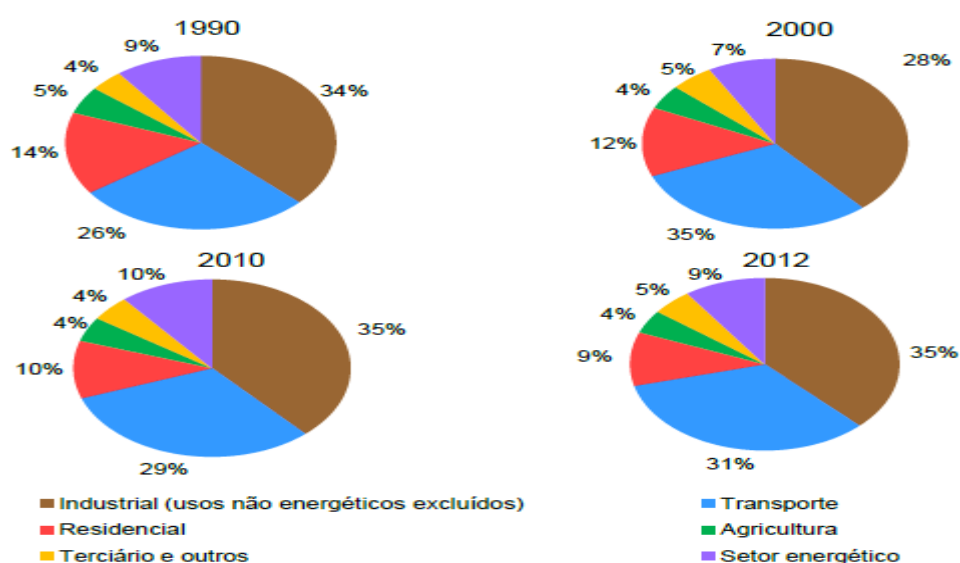
A eficiência no uso da energia começou a ser pensada a partir do choque nos preços do petróleo dos anos 1970, quando se percebeu que o uso das reservas de recursos fósseis teria custos crescentes, seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista ambiental (EPE, 2014).

Além dos problemas financeiros decorrentes dos combustíveis fósseis, a preocupação com a questão das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global do planeta, este gerado em grande parte para fins de produção e consumo de energia, trouxe novos e definitivos argumentos para a consolidação da eficiência energética e a busca por novas alternativas na produção de energia e estudos de como poderia ser feito seu melhor uso, de modo que diminuíssem os gastos e, conseqüentemente, gerasse menores impactos econômicos, ambientais, sociais e culturais (IEA, 2013).

Em um estudo recente publicado pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2013), estima-se que a eficiência energética pode contribuir com quase 50% da mitigação de emissão de gases de efeito estufa, além de diminuir a necessidade de construção de novas usinas geradoras de energia e ampliação de linhas de transmissão, somente com a energia economizada. Cabe destacar que o Brasil ficou em penúltimo lugar no ranking de eficiência energética em um estudo realizado pelo Conselho Americano para uma Economia Eficiente de Energia (ACEEE, sigla em inglês) e em pesquisa realizada pela ABESCO sobre o potencial de eficiência energética no Brasil entre 2008 e 2016 revelou que nos últimos três anos o Brasil desperdiçou 143.647 GWh, ou seja, um potencial de economia de R\$61,71 bilhões, os resultados dessas pesquisas só ressaltam a falta de investimentos e o grande potencial de economia do setor elétrico brasileiro (Setor Energético, 2017).

2.2 Consumo de energia na indústria nacional

Segundo dados da EPE (2013), a indústria é o setor que possui a maior demanda de energia elétrica (em relação ao agropecuário e ao de serviços), sendo que aproximadamente um terço da energia final disponível para a sociedade brasileira é consumida no segmento industrial, para atendimento energético de seus processos produtivos.



Fonte: EPE (2013)

FIGURA 1 - Consumo de energia por setor - 1990, 2000, 2010 e 2012.

As maiores variações de demanda de energia dentro da indústria se deram nas atividades de ferro-ligas (+10,4% ao ano), alimentos e bebidas (+6,4% ao ano) e papel e celulose (+5,0% ao ano) (EPE, 2013).

Apesar de possuir uma matriz energética diversificada, a principal fonte de energia é a eletricidade, representada por 20% do consumo total de energia no uso final, conforme pode ser visto na Tabela 1 (EPE, 2010).

TABELA 1 - Consumo final energético no setor industrial em 2008.

Fonte	Consumo (10 ³ tep)	%
Eletricidade	16.961	20,6
Bagaço de cana	15.390	18,7
Lenha e carvão vegetal	12.131	14,7
Carvão mineral, coque de carvão mineral e gás de coqueria	11.255	13,7
Gás natural e GLP	9.237	11,2
Óleo combustível e óleo diesel	4.731	5,8
Outras fontes primárias ¹	5.633	6,8
Outras fontes secundárias ²	6.991	8,5
Total	82.327	100,0

¹Inclui carvão vapor e outras fontes primárias.

²Inclui querosene, outras secundárias de petróleo e alcatrão.

Fonte: EPE (2010).

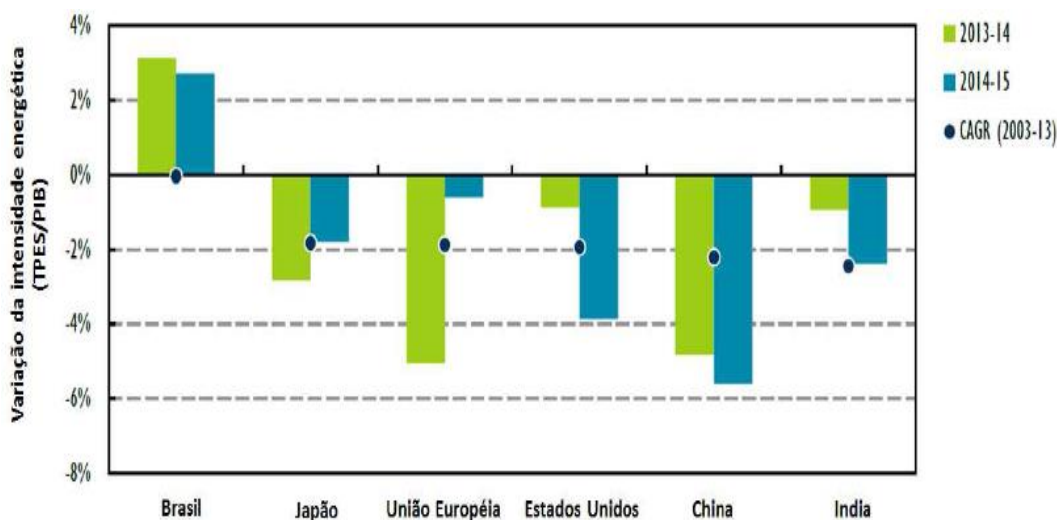
A demanda de energia na indústria cresceu, em média, 3,3% ao ano entre 1990 e 2012, saltando de 43 milhões de tep em 1990 para 89 milhões de tep em 2012. Já o PIB brasileiro aumentou em uma taxa média ligeiramente inferior: 2,9% ao ano. O consumo total de energia cresceu na mesma proporção que a demanda industrial (3,3% ao ano); em 2012 foram consumidos 214 milhões de tep, contra 105 milhões de tep em 1990 (EPE, 2015).

Segundo dados da EPE (2015), em 2008 e 2009 a crise econômica global afetou fortemente a indústria nacional e observou-se a redução na intensidade energética. A intensidade energética é um indicador que relaciona o consumo total de energia do país (em unidade de energia), em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) da economia (expresso em unidades monetárias). Este indicador é utilizado como medida de eficiência da utilização energética em relação à produção de riqueza do país, dessa forma, quanto menor o uso de energia por unidades monetárias, maior a eficiência da economia (Bartolo, 2008).

Os segmentos ligados à metalurgia foram os mais afetados com essa crise, o que gerou a paralisação e mesmo a desativação de unidades industriais menos eficientes. Uma vez superada a crise, há um novo momento de retomada de investimentos, com destaque para projetos nas áreas de siderurgia, bauxita, alumínio e celulose (+1,0% ao ano). Na média geral, entre 1990 e 2012, o incremento no indicador foi de 0,9% ao ano (EPE, 2015).

Em 2015 a intensidade energética melhorou 1,8%, o que mostra que a economia global não necessita que o consumo de energia aumente para que os países cresçam. A intensidade energética foi calculada como milhões de Oferta Total de Energia Primária (*Total Primary Energy Supply (TPES)*, em inglês) por 2.010 bilhões de dólares do PIB, a taxas de câmbio de mercado (IEA, 2016).

A China melhorou seu índice de intensidade energética em 5,6%, ultrapassando a taxa anual de 3,1% da década anterior, apesar da sua economia ter crescido apenas 6,9%, como mostra a Figura 2. Essa melhoria foi obtida por consequência de políticas públicas do governo na condução da eficiência energética (IEA, 2016).



Fonte: IEA (2016)

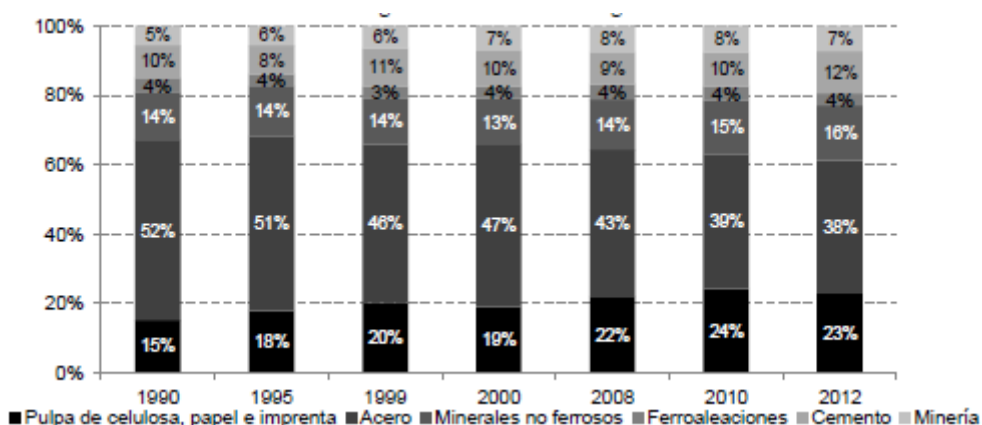
FIGURA 2 - Alterações na intensidade da energia primária para países selecionados.

*CAGR – Taxa composta da variação anual entre 2003 e 2013.

Devido à contração econômica no Brasil, o TPES caiu 1,2% em 2015 e o PIB caiu 3,8%, levando a um agravamento da intensidade energética, como pode ser visto na Figura 2. Em 2014, o TPES brasileiro cresceu 3,2%, enquanto o PIB cresceu 0,1%. Esses resultados se devem pelo fato do Brasil possuir uma parcela de consumo fixo

de energia muito grande, ou seja, o consumo de energia é similar quando há produção de pequenas ou grandes quantidades (IEA, 2016).

Em relação aos segmentos energointensivos da indústria brasileira, a Figura 3 mostra a distribuição do consumo de energia em quatro anos selecionados.



Fonte: EPE (2015).

FIGURA 3 – Consumo de energia em indústrias energointensivas.

O segmento de metais não ferrosos ficou em terceiro colocado dentre os maiores consumidores de energia. Sua participação tem perfil mais estável, começou o período em 14% e hoje se encontra no patamar de 16% (EPE, 2015).

2.3 Eficiência energética na indústria nacional

Apesar da indústria no Brasil ser responsável por 40,7% da energia consumida, o país não apresenta uma política de eficiência energética de longo prazo específica para o setor industrial. As duas iniciativas federais que apresentam maior atenção ao setor industrial são o Procel – Indústria e o PROESCO, que é uma linha de crédito do BNDES (CNI, 2009).

A eficiência energética na indústria demandaria uma avaliação de acordo com os processos empregados em cada subsetor, incluindo as possibilidades de atualização tecnológica. No entanto, uma abordagem mais geral pode levar a resultados aceitáveis (EPE, 2010).

Uma avaliação da eficiência energética na indústria, realizada pela Empresa de Pesquisa Energética em conjunto com o Ministério de Minas e Energia, estudou o consumo específico, no caso de setores mais homogêneos (cimento, ferro gusa e aço,

ferro-ligas, não-ferrosos e papel celulose) e a intensidade energética, no caso de setores mais heterogêneos (alimentos e bebidas, têxtil, cerâmica, mineração, química e outras indústrias (EPE, 2010).

Foi analisado também a estrutura do consumo energético de cada segmento industrial, considerando os dados históricos, as tendências tecnológicas em curso e, quando relevante, cenários possíveis de substituição entre energéticos, tudo em conformidade com as hipóteses de trabalho adotadas, como (EPE, 2010):

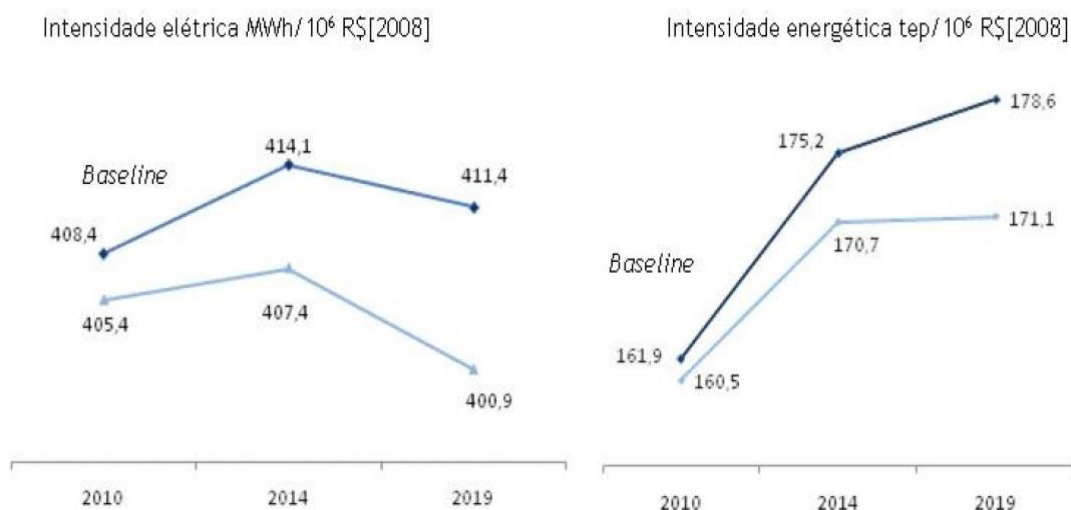
- Expansão de capacidade instalada formulada em acordo ao cenário macroeconômico adotado e a partir de consultas feitas em empresas de alguns dos setores em estudo e outros órgãos governamentais;
- Aumento da disponibilidade de gás natural no curto prazo em razão da crise internacional de 2008-2009 e da redução do despacho de termelétricas a gás natural em função da retração do consumo industrial de eletricidade;
- Aproveitamento parcial do potencial de eficiência energética indicado pelo Balanço Energético Útil (BEU) 2005.

Com base nessas premissas, os gráficos das Figuras 4 e 5 representam o consumo específico de energia nos setores industriais selecionados e a intensidade elétrica e energética na indústria, o que mostra que com a implementação de medidas de eficiência energética, tanto o consumo específico de energia quanto a intensidade elétrica e energética podem ter uma diminuição em seus valores (EPE, 2010).



Fonte: EPE (2010).

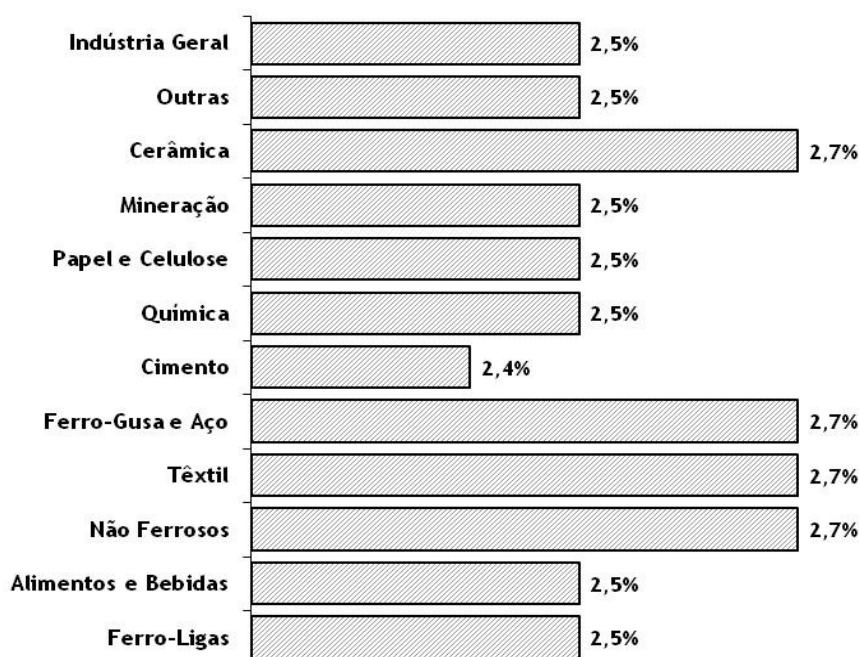
FIGURA 4 - Consumo específico de energia em setores industriais selecionados (tep/10³ t.).



Fonte: EPE (2010).

FIGURA 5 - Intensidade elétrica e energética na indústria.

Foram estimados os ganhos em energia elétrica para cada subsetor da indústria, com base nos parâmetros acima resumidos, observando-se um maior ganho de eficiência energética no uso da eletricidade nas indústrias com um consumo energético mais intensivo (papel e celulose, siderurgia, ferro-ligas e cimento), como pode ser visto na Figura 6 (EPE, 2010).



Fonte: EPE (2010).

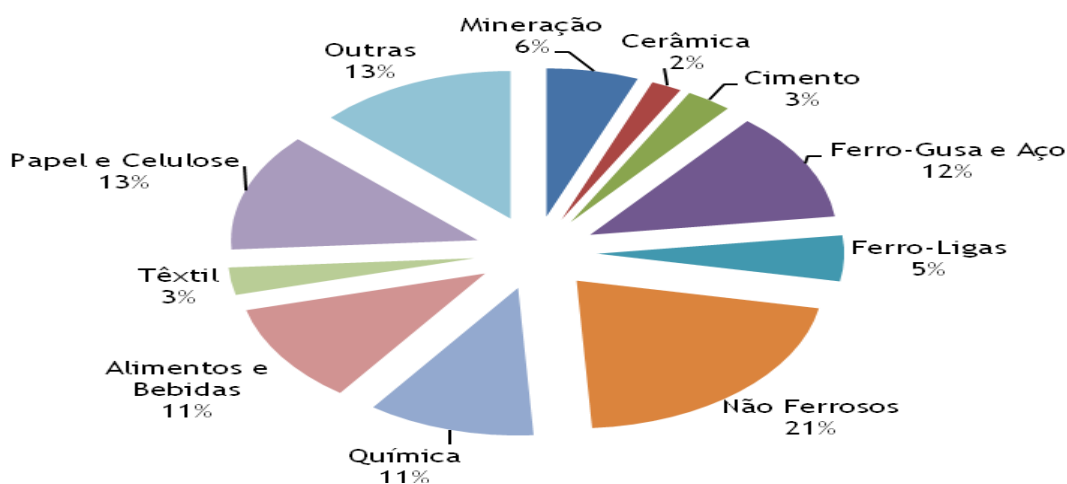
FIGURA 6 - Ganhos de eficiência energética na indústria: energia elétrica.
(*) como percentual do consumo projetado para 2019.

Apesar de proporcionalmente menor, é válido destacar o ganho de eficiência na indústria de não ferrosos, dominada, em termos da quantidade de energia consumida, pela produção do alumínio. Pela própria natureza dessa indústria, a preocupação com a eficiência energética é relevante e, no Brasil, em razão da atualização tecnológica do segmento, o setor é reconhecidamente eficiente (EPE, 2010).

Uma projeção para 2019 prevê ganhos em eficiência energética, que podem atingir mais de 9.243 GWh, o equivalente a 2,5% do total do consumo de energia elétrica projetado para o ano de 2019, segundo estudos da EPE para o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2010-2019 (EPE, 2010).

Essa economia de energia equivale, aproximadamente, à energia produzida em um ano por uma usina termelétrica a carvão (considerando carvão nacional) com 1.400 MW, potência superior à do Complexo Jorge Lacerda em operação em Santa Catarina. Também equivale à geração anual de uma usina hidrelétrica com cerca de 1.900 MW, porte comparável às usinas de São Simão, no rio Paranaíba, em Minas Gerais, ou de Foz do Areia, no rio Iguaçu, no Paraná, que estão entre as 10 maiores usinas em operação no Brasil (EPE, 2010).

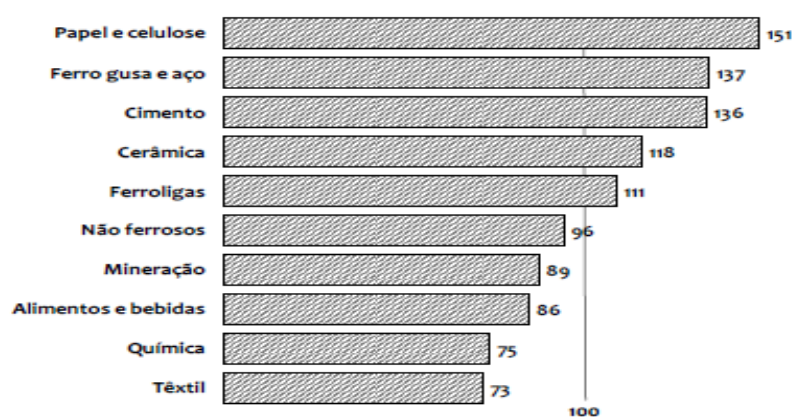
O total de energia conservada na indústria, através da eficiência energética, tende a acompanhar o peso relativo de cada subsetor no consumo de eletricidade da indústria, como mostra o gráfico da Figura 7. Esses ganhos de energia são influenciados pela evolução da participação de um segmento no consumo total da indústria. (EPE, 2010).



Fonte: EPE (2010).

FIGURA 7 - Participação dos subsetores no total da energia elétrica conservada na indústria.

O gráfico da Figura 8 destaca o avanço relativo da eficiência energética por setor da indústria, o índice 100 significa que a contribuição do subsetor para o ganho de eficiência elétrica equivale a sua participação estrutural do consumo de eletricidade da indústria, já os valores maiores do que 100 indicam que um potencial de eficiência energética relativamente maior foi obtido, comparado ao uso corrente de energia em determinado segmento. Exemplificando, no período de estudo, foi identificado que o segmento industrial de produção de ferro-gusa e aço pode reduzir um percentual maior do consumo específico de eletricidade comparativamente ao segmento industrial de produção de metais não ferrosos (EPE, 2010).



Fonte: EPE (2010).

FIGURA 8 - Avanço relativo da eficiência energética (eletricidade) por setor da indústria.

Em 2009 a Confederação Nacional da Indústria, ELETROBRÁS e PROCEL Indústria realizaram um diagnóstico sobre as principais oportunidades e prioridades para o desenvolvimento da eficiência energética industrial no Brasil e concluiu que a indústria, apesar de ser o setor mais energointensivo, ainda não é prioridade nos programas governamentais de eficiência energética (CNI, 2009).

Para tal diagnóstico foram analisados 217 projetos de eficiência energética em 13 setores, realizados nos últimos 10 anos. O montante total investido no conjunto de projetos foi de R\$ 161 milhões, gerando uma economia de 626 GWh, o que apresenta um Custo de Energia Conservada (CEC) de R\$79/MWh (duração média das ações de eficiência em 10 anos e uma taxa de remuneração do capital de 12% ao ano) (CNI, 2009).

O EPE (Plano Decenal 2007/2016) considera o valor de R\$138/MWh para o custo marginal de expansão do sistema de energia elétrica, o que mostra que a redução obtida pelas ações de eficiência nesses projetos são uma alternativa viável. Ou seja, a mesma quantidade de energia pode ser disponibilizada, a preços mais baixos, sem a necessidade de novas obras e com efeitos positivos no meio ambiente (CNI, 2009).

A Tabela 2 apresenta os valores sobre os projetos estudados. Apesar de alguns investimentos iniciais serem de grande valor, a economia de energia é bastante significativa, apresentando um custo de energia de R\$ 55 /MWh (CNI, 2009).

TABELA 2 - Índices de avaliação por segmento

Segmento	Projetos	CEC Anualizado (10 anos, 12%) em R\$/MWh	Custo médio dos projetos em R\$	Energia economizada em MWh/ano
Mineração - Metálicos	6	36	476.111	62.644
Siderurgia	12	55	4.888.238	146.194
Químico	22	59	1.029.730	128.397
Metalurgia	14	60	428.810	30.982
Alimentos e Bebidas	35	73	361.158	40.934
Papel e Celulose	9	74	257.637	12.882
Couro	9	89	123.413	2.487
Têxtil	12	103	325.380	7.090
Mineração - Não Metálicos	5	106	246.648	2.623
Automotivo	9	109	633.365	11.841
Cerâmico	28	151	50.781	1.222
Fundição	12	319	46.657	2.307
Outros	44	61	953.116	176.423

Fonte: CNI (2009).

Algumas tendências de investimento por setor foram observadas nos projetos estudados:

- Alimentos e bebidas: inversores de frequência em túnel de resfriamento, substituição de fornos em padarias, uso de compressores de *drive* de velocidade variável (VSD, em inglês);
- Têxtil: eficiência de filatórios;
- Siderurgia integrada: projetos de cogeração;
- Metalurgia: uso de compressores VSD;
- Automotivo: uso de compressores VSD e válvulas *inteliflow*;

- Papel e celulose: bombeamento com inversores e recuperação de calor;
- Mineração de metálicos: modificações nos ciclones no processo e uso de inversores em correias transportadoras;
- Fundição: potencial de recuperação de calor para outros fins.

Houve uma predominância de soluções técnicas para projetos de economia de energia através de ações que envolvem troca de motores (19%), melhorias em sistemas de iluminação (20%) e melhorias em sistemas de ar comprimido (8%). Esses valores demonstram que o Brasil ainda não tem a cultura de utilizar os rejeitos térmicos para geração de eletricidade e o governo não apresenta investimentos ou programas como forma de investimento para tal processo (CNI, 2009).

2.3.1 Principais oportunidades e barreiras para a redução de consumo de energia na indústria

O diagnóstico realizado pela Confederação Nacional da Indústria (2009) em 13 setores de expressivo consumo de energia mostrou que o potencial técnico total de redução do consumo global de energia na indústria brasileira é de 25,7% (ou 14,6 Mtep) e 82% do potencial levantado estão em combustíveis, com predominância para fornos e caldeiras. O potencial de economia de energia elétrica está fortemente concentrado em sistemas motrizes, respondendo por 14% (ou 2 Mtep) de todo potencial, além de que todo potencial de economia de recursos somente com energia elétrica é na ordem de 6,8 bilhões/ano.

O diagnóstico também mostrou que os esforços de eficiência energética não estão direcionados para as principais oportunidades existentes, cabe ao governo federal priorizar ações de eficiência energética na indústria e realizar fundos de investimentos a fim de alavancar tais projetos (CNI, 2009).

Duas das importantes barreiras no governo são a falta de apreciação do valor da eficiência energética na melhoria da produtividade e da economia e uma inclinação entre os profissionais da energia na tomada de decisões políticas para as opções de fornecimento de energia. Os planejadores de energia superestimam regularmente a demanda de energia futura e não incluem o potencial da eficiência energética como fonte para atender a demanda futura (Fawk et al., 2016).

Os gestores políticos precisam se proteger contra esse viés inerente e procurar melhores modelos de demanda futura de energia que reflitam com maior precisão o impacto da eficiência energética. A valorização adequada de todos os benefícios da melhoria da eficiência energética deveria levá-la como sendo alta prioridade, acima da capacidade de fornecimento de energia, onde isso pode ser mostrado como custo efetivo, como é frequentemente o caso (Fawk et al., 2016).

A Tabela 3 mostra o potencial de economia dos principais usos industriais da energia.

TABELA 3 - Potencial de economia dos principais usos industriais da energia.

	Usos industriais da energia	Potencial de economia (tep)	Representação no total de economia (%)	Setores com maior potencial de eficiência
	Total	14.655.855,67	100,00%	
Combustíveis	Aquecimento direto – Fornos	9.103.661,52	62,12%	Siderurgia Cerâmico Cimento
	Aquecimento direto – Secadores	415.466,80	2,83%	Cerâmico Alimentos e bebidas Têxtil
	Vapor de processo – Caldeiras	2.358.183,02	16,09%	Papel e celulose Têxtil Alimentos e bebidas Siderurgia
	Outros	74.679,61	0,51%	Químico
Energia elétrica	Força motriz	2.032.439,53	13,87%	Siderurgia Extrativa mineral Alimentos e bebidas Alimentos e bebidas
	Refrigeração	46.581,66	0,32%	Químico Têxtil
	Fornos elétricos	370.873,53	2,53%	Siderurgia Metais não ferrosos Ferros ligas
	Eletrólise	191.387,34	1,31%	Metais não ferrosos Química Papel e celulose
	Iluminação	60.214,47	0,41%	Alimentos e bebidas Têxtil Extrativa mineral Papel e celulose
	Outros	2.368,18	0,02%	Extrativa mineral

Fonte: CNI (2009).

Dentre as conclusões apontadas como oportunidades relevantes de economia de energia são destaques (CNI, 2009):

- Potencial técnico total de redução de 25,7% (ou 14,6 Mtep) do consumo global de energia da indústria brasileira;

- De todo o potencial levantado, 82% (ou 11,9 Mtep) estão em combustíveis, com predominância para fornos e caldeiras;
- O potencial de economia de energia elétrica está fortemente concentrado em sistemas motrizes, respondendo por 14% (ou 2 Mtep) de todo potencial; e
- Potencial de economia de recursos somente com energia elétrica: R\$ 6,8 bilhões/ano – (calculado a R\$ 216,61/MWh).

Como barreiras à eficiência energética nas indústrias foram apontadas as seguintes ideias (CNI, 2009):

- Legislação desfavorável a investimentos industriais em energia;
- Ausência ou não adequação das linhas de financiamento para ações de eficiência energética;
- Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento;
- Necessidade de capacitação de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis;
- Aversão a riscos técnicos decorrentes de novas tecnologias que consumam menos energia.

A identificação das barreiras aponta oportunidades de atuação para que o mercado de eficiência energética industrial se torne mais dinâmico. Como por exemplo (CNI, 2009):

- Maior difusão de informações de financiamento e ajustes na metodologia de concessão de créditos;
- Disponibilizar capacitações para que profissionais da indústria identifiquem oportunidades de eficiência energética e consigam transformá-las em oportunidades de ganho;
- Incentivos a projetos pilotos para demonstração de tecnologias inovadoras;
- Revisão da legislação visando incentivar projetos industriais de geração de energia;

- Acesso direto da indústria a recursos de fundos de financiamento de projetos de eficiência energética.

A Tabela 4 apresenta as principais barreiras apontadas para diferentes setores da indústria.

TABELA 4 - Principais barreiras apontadas para diferentes setores da indústria.

Setor industrial	Principais barreiras apontadas
Siderurgia	<ul style="list-style-type: none"> • Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento. Dificuldade para viabilizar soluções de alto custo. • Percepção de alto risco tecnológico para substituição dos equipamentos de grande porte utilizados no setor. • Empresas de menor porte (ex: guseiros): acesso restrito a informações e corpo técnico necessita de treinamento para absorver novas tecnologias. • Excessiva burocracia para liberação de recursos do PROESCO. • Prioridade para a redução de riscos na ampliação de instalações de cogeração.
Metais Não-Ferrosos, Ferro-Ligas e Fundição	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura legal pouco atrativa para cogeração ou produção de energia independente. • Necessidade de treinamento de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis. • Indisponibilidade de determinadas tecnologias. • Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento. • Elevados investimentos iniciais. • Incertezas quanto aos preços da energia e altos custos iniciais dos investimentos devido aos impostos de importação. • Restrições ao financiamento (específico para o setor de ferro-ligas).
Cimento	<ul style="list-style-type: none"> • Priorização de redução de emissões de gases efeito estufa e melhoria da qualidade. • Aplicação de medidas de eficiência energética em equipamentos principais do processo depende das raras paradas técnicas. • Condições de financiamento consideradas pouco vantajosas e de retorno muito longo devido ao relativamente baixo custo da energia utilizada no setor.
Celulose e Papel	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas de menor porte desconhecem tecnologias de energia eficiente. • Percepção de alto risco tecnológico para substituição dos equipamentos de grande porte utilizados no setor. • Restrições de capacidade de investimento em empresas de menor porte. • Investimentos envolvem tempo de retorno alto. Nesses horizontes de tempo os ganhos de eficiência não são facilmente identificados e por vezes não são considerados nas análises de investimentos.
Extrativa Mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de maior difusão das tecnologias mais eficientes e dos potenciais benefícios. • Percepção de riscos altos com a introdução de novas tecnologias. • Baixa liquidez e restrições de acesso a linhas de financiamento. • Necessidade de treinamento de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis.
Têxtil	<ul style="list-style-type: none"> • Setor muito segmentado e competitivo impede a circulação de soluções relacionadas à eficiência energética, apesar da característica setorial de se concentrarem em pólos industriais. • Necessidade de treinamento de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis. • Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento. • Dificuldade em atender as exigências dos financiamentos voltados para eficiência energética. • Desconhecem incentivos oficiais para eficiência energética.

Fonte: CNI (2009).

2.4 Diagnóstico e implementação de eficiência energética na indústria

Com o avanço da tecnologia e o aumento da competitividade, uma empresa que deseja alcançar uma estrutura de custos racionalizada e estar à frente no mercado

não pode admitir o desperdício ou usar a energia de forma ineficiente e irresponsável (ELETROBRÁS, 2005).

A racionalização do uso da energia apresenta-se como uma alternativa de baixo custo e de curto prazo de implantação. Em alguns casos, economias significativas podem ser obtidas apenas com mudanças de procedimentos e de hábitos, além de impactar positivamente o meio ambiente (ELETROBRÁS, 2005).

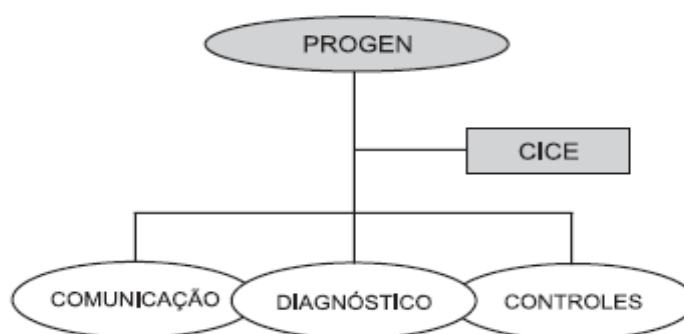
Esta seção visa explicar como implementar o processo de gestão de energia na indústria e a importância do acompanhamento das ações desenvolvidas.

2.4.1 Gestão de energia

A implantação de um Programa de Gestão de Energia (PGE) é uma das principais ferramentas de ação visando à redução de custos com energia na indústria. Isso se deve pelo fato de que ações isoladas, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder o seu efeito ao longo do tempo. Tal programa deve ser estruturado de forma que seus resultados se mantenham e as ações não percam efeito ao longo do tempo (ELETROBRÁS, 2005).

A Gestão de Energia visa otimizar a utilização de energia por meio de propostas de ações e controle sobre os recursos humanos, materiais e econômicos, com o objetivo de reduzir os consumos globais e específicos de energia necessária à obtenção do mesmo resultado ou produto. Deve-se entender que o papel do Programa não é racionar energia, reduzir a qualidade do produto fabricado e/ou realizar ações mesquinhas de economia e poupança. Com o cenário evoluindo cada dia mais em relação à concorrência e a novas tecnologias, as empresas e indústrias que investem nesse tipo de programa se tornam um diferencial por estarem diminuindo o custo final de seu produto, já que seu consumo de energia elétrica é reduzido e muitos consumidores dão preferência a empresas que se preocupam com o meio ambiente, se tornando assim mais competitivas no mercado (ELETROBRÁS, 2005).

O PGE é constituído de três pilares ou estratégias: Diagnóstico Energético (levantamento da situação); Controles dos Índices (análise e acompanhamento dos dados); e Comunicação do Programa e seus resultados (divulgação), como pode ser visto na Figura 9. Todas as ações desenvolvidas no PGE estão enquadradas em um desses pilares, e muitas delas devem ser desenvolvidas simultaneamente. Isto significa que não existe um pilar mais importante que o outro.

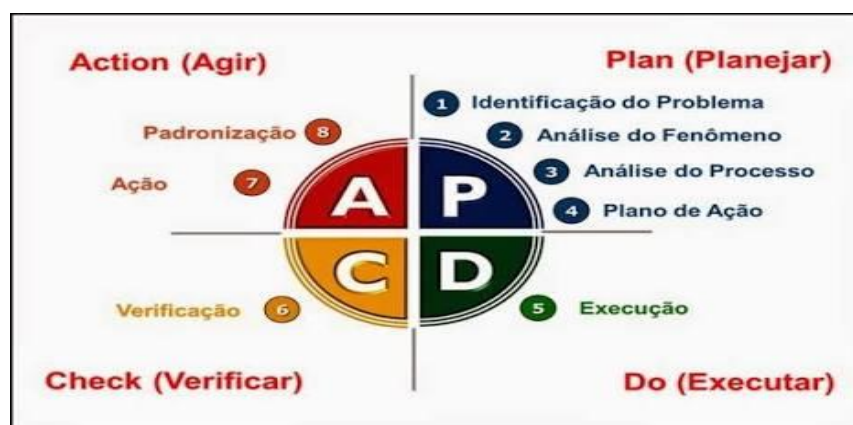


Fonte: ELETROBRÁS (2005).
FIGURA 9 - Pilares do PGE.

Para a implementação do PGE, a empresa deve delegar responsabilidades ao grupo de funcionários encarregados de criá-lo e de implementá-lo e a direção deve manter-se comprometida com o seu sucesso, devendo acompanhar suas ações e resultados, divulgando os mesmos como forma de incentivo a novas ações por parte de seus empregados (ELETROBRÁS, 2005).

Para demonstrar a sua importância na política administrativa interna, este programa deve ser formalmente lançado como um marco na existência da empresa, sendo assim seu lançamento deve abranger, no mínimo: sua institucionalização no organograma da empresa, suas diretrizes e os responsáveis por sua condução.

Um programa de gestão de energia bem executado segue os mesmos princípios que se aplicam a qualquer empresa para um sistema de qualidade, por exemplo, através dos princípios do PDCA (*Plan, Do, Check, Act* – Planejar, Executar, Checar, Agir), exemplificado na Figura 10, um excelente controle a ser utilizado como forma de melhoria contínua de processos (SEBRAE, 2016).



Fonte: Portal Administração (2014)
FIGURA 10 - Ciclo PDCA.

É uma ferramenta baseada na repetição, que busca a melhoria de forma contínua a fim de garantir o alcance das metas necessárias para tornar a empresa mais ágil e com gestão mais clara e objetiva (SEBRAE, 2016).

Através dessa teoria, cada processo da empresa passa por quatro fases:

2.4.1.1. Planejar

Etapa onde são estabelecidos os objetivos e processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos pré-determinados. Definidas as metas, deve-se definir os métodos para atingi-las (SEBRAE, 2016).

A empresa com um Programa de Gestão Energética bem-sucedido e que, simultaneamente, contribua para a melhoria do meio ambiente, promove significativa publicidade positiva perante seus clientes e a sociedade em geral. O início de um PGE deve ser precedido de uma preparação de todos os envolvidos, como forma de sensibilização de todos os funcionários da empresa a fim de reduzir resistências, comportamento normal quando mudanças são implementadas (ELETROBRÁS, 2005).

O Programa de Gestão Energética deverá seguir a premissa de que é necessário planejar para controlar. O Programa pode ser assim estruturado (ELETROBRÁS, 2005):

a) Identificação dos vetores primários e secundários

Os vetores primários correspondem aos insumos adquiridos na forma bruta: energia elétrica, gás natural, óleo combustível, água industrial, etc.

Em seguida, deverão ser identificados os *vetores secundários*, ou seja, as formas de energia que serão utilizadas nas unidades produtivas e administrativas das instalações da empresa, tais como: energia elétrica para iluminação e motores, ar comprimido e vapor de processo. Esta etapa do trabalho representa, na realidade, a constatação das matrizes energéticas das instalações (ELETROBRÁS, 2005).

b) Identificação dos parâmetros de controle

Os parâmetros de controle deverão ser estabelecidos para cada um dos centros de consumo identificados. Deverão considerar os consumos específicos que possam estar relacionados às respectivas sazonalidades da produção. As correlações

deverão ser estabelecidas por análises estatísticas e, tanto quanto possível, lineares (ELETROBRÁS, 2005).

c) Estabelecimento das metas de redução de consumo

As metas de redução de consumo deverão ser estabelecidas com base em parâmetros de controle previamente definidos. A fixação das metas pode ser feita:

- Utilizando informações sobre o consumo histórico do centro de consumo em questão;
- Utilizando informações sobre *benchmarks* disponíveis; ou
- De forma arbitrária, fixando um percentual a ser atingido em determinado período de tempo (por exemplo: redução no consumo de energia elétrica em 1% para o próximo semestre).

A fixação das metas deverá ser sempre feita de forma realista, com objetivos claros e que possam ser efetivamente atingidos, mas que sejam desafiadoras (ELETROBRÁS, 2005).

d) Estabelecimento dos sistemas de medição

Só se pode gerenciar o que se pode medir. Deve-se estabelecer um sistema de medição adequado que permita a obtenção da base de dados desejada e que possa servir para avaliar os resultados alcançados.

A implantação de um sistema de medição requer alguns cuidados importantes (ELETROBRÁS, 2005):

- Sistemas de medição sofisticados são, normalmente, custosos; e
- Sistemas simplificados são, em geral, suficientes para este propósito. Muitas vezes, é possível optar-se por um regime de condomínio ou obter-se o consumo de determinado centro de consumo por cálculo ou por diferença.

2.4.1.2 Executar

Momento de implementar o plano e executar o processo assim como o procedimento determina (SEBRAE, 2016).

A implantação do PGE requer mudanças de procedimento, de rotinas de trabalho e principalmente de hábitos, o que, na maioria das vezes, é um obstáculo difícil de ser superado, em virtude da resistência natural que as coletividades oferecem a propostas desse tipo (ELETROBRÁS, 2005).

Faz-se então importante e necessário o engajamento da direção superior da empresa e de todo o corpo funcional, técnico e administrativo, mediante um trabalho conjunto. A empresa deve demonstrar claramente sua intenção de atingir os objetivos de racionalização do consumo de energia e contemplar dois tipos principais de medidas (ELETROBRÁS, 2005):

- a) Medidas que impliquem ações de gestão nas instalações, incluindo:
 - Treinamento de pessoal, com o objetivo de criar um ambiente de conscientização nos colaboradores da empresa;
 - Fixação de procedimentos operativos, de manutenção e de engenharia, objetivando a perenidade do programa a ser desenvolvido.

- b) Medidas que impliquem ações de atualização tecnológica, com a substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes.

As medidas propostas no item **a** darão ênfase aos aspectos de educação e de treinamento, e deverão ter custos significativamente menores do que as medidas propostas no item **b**, ainda que seus efeitos somente sejam obtidos no médio/longo prazo. As medidas propostas no item **b** incluirão a aquisição de equipamentos, devendo, portanto, representar investimentos elevados, porém com efeitos no curto prazo (ELETROBRÁS, 2005).

A experiência internacional aponta para a conclusão de que as medidas de educação e de treinamento, tipicamente, resultam em redução do consumo de energia da ordem de 5% após o período de um ano, a partir do início de sua implementação, a um custo inferior a 1% do custo total de um Programa de Gestão Energética global (ELETROBRÁS, 2005).

Deve ser constituída uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), que deverá estabelecer os principais usos da energia nas instalações da empresa, para definir o programa de treinamento mais adequado. Nesta fase, a empresa poderá contar com a experiência de uma consultoria especializada ou com

a assistência do Procel. O programa de treinamento deve ser dividido em duas etapas (ELETROBRÁS, 2005):

a) Treinamento para a gerência de energia.

Os principais tópicos a serem cobertos nesta etapa deverão incluir:

- Aspectos gerais de gerência de energia;
- Metodologias de conscientização – como implementar, como influenciar os tomadores de decisão na estrutura da empresa, como motivar mudanças de hábitos e de comportamento e como evitar as armadilhas mais comuns;
- Requisitos de medição necessários;
- Metodologias de controle e acompanhamento;
- Avaliação de resultados; e
- Visita a um programa bem-sucedido.

b) Treinamento para o nível técnico

Esta etapa deverá estar relacionada, principalmente, com o Setor de Utilidades. Os principais tópicos a serem cobertos nesta etapa deverão incluir os aspectos gerais de manutenção associados com a eficiência energética e sua inserção nos programas de qualidade existentes (ELETROBRÁS, 2005).

O Programa de Eficiência Energética (PEE) deverá observar os seguintes princípios (ELETROBRÁS, 2005):

- **Formal.** É natural que muitas instruções e ordens sejam transmitidas oralmente na jornada diária. Para uma ação contínua e de ampla repercussão, é recomendável manter as diretrizes, instruções, decisões e resultados registrados e organizados por escrito. Neste caso, devem ser utilizados os veículos de comunicação já existentes na empresa, tais como: jornais periódicos, folhetos, cartazes e quadros de avisos.
- **Concreto.** O programa não pode se constituir somente de intenções, mas sim de ações concretas e específicas, tais como: cuidados a serem tomados por ocupantes em áreas equipadas com condicionamento de ar, rotina a ser

seguida para identificação e comunicação às equipes de manutenção no caso de vazamentos em tubulações e dutos.

- **Justificado.** Em especial, as ações que demandam mudanças de hábitos devem ser justificadas, além de previamente discutidas, para serem mais bem aceitas e pouco questionadas.
- **Quantificado.** As metas deverão ser claramente quantificadas em valores de energia ou em moeda corrente para que não haja dúvidas em relação aos objetivos a serem alcançados.
- **Responsabilidades definidas.** Cada uma das ações deve ter responsáveis diretos, pois o programa exige a atuação de pessoal afeto a todos os setores. Devem ser definidos responsáveis locais, cabendo à CICE a supervisão global. Por exemplo, o supervisor da caldeira deverá reduzir o consumo de óleo combustível nos próximos três meses em 0,5% por unidade de vapor produzido, mediante a aplicação do procedimento indicado pelo fabricante para manutenção/regulagem dos queimadores.

2.4.1.3 Checar

Nesta fase é verificado se os procedimentos foram claramente entendidos e se estão sendo corretamente executados (SEBRAE, 2016).

Um programa tímido quanto a seus objetivos obterá resultados pobres. A efetiva redução com energéticos exige metas, controle, acompanhamento e continuidade. As metas fixadas deverão ser realistas, para que haja um efetivo compromisso com sua realização. Da mesma forma, a empresa deverá prover os recursos necessários à implantação dos programas (ELETROBRÁS, 2005).

Em função das inovações tecnológicas, das alterações no ambiente empresarial e de novas circunstâncias, o PGE deve ser revisado periodicamente e ninguém dentro da empresa deve ficar alheio ao PGE, incluindo prestadores de serviço e usuários, tanto no processo da sua elaboração como no seu desenvolvimento (ELETROBRÁS, 2005).

As ações programadas, as metas e os resultados obtidos devem ser divulgados periodicamente e comparados com situações anteriores, de modo a mostrar seus benefícios e, de certa forma, incentivar os responsáveis e colaboradores diante dos

demais colegas da empresa. Um sistema de prêmios poderá ser utilizado como elemento motivador (ELETROBRÁS, 2005).

2.4.1.4 Agir

Esse é o momento de agir corretivamente, caso durante a checagem ou verificação for encontrada alguma anormalidade, de forma que se resolva as causas que impediram que o procedimento fosse executado conforme planejado (SEBRAE, 2016).

Os resultados devem ser avaliados em termos de: verificação do cumprimento dos prazos e custos inicialmente previstos, economia efetivamente obtida em unidades de energia por unidade de produto ou de serviço e redução dos custos incorridos.

A Direção deverá estabelecer objetivos claros e apoiar a implantação do PGE, enfatizando a sua necessidade e importância, aprovando e estabelecendo metas a serem atingidas ano a ano, efetuando um acompanhamento rigoroso, confrontando os resultados obtidos com as metas previstas, analisando os desvios, propondo medidas corretivas em caso de distorções e providenciando revisões periódicas e oportunas nas previsões estabelecidas. Tal posicionamento acarretará o aumento da competitividade de que as empresas tanto necessitam.

3. DESENVOLVIMENTO

O primeiro passo foi realizar uma caracterização da empresa, como forma de conhecer seu *core business* (parte central do negócio), e então executar o Programa de Gestão de Energia em paralelo com os princípios do PDCA, a fim de identificar os vetores primários e secundários, os parâmetros de controle a serem utilizados e então estabelecer as metas de redução do consumo de energia, gerenciadas por um sistema de medição.

Foram então identificadas ações com foco em Ver e Agir, que gerariam redução no consumo de energia elétrica sem necessidade de investimentos iniciais, e calculados os ganhos de economia.

3.1 Caracterização da organização em estudo

A Nexa Resources (ex-Votorantim Metais) é uma empresa de mineração global que faz parte do Grupo Votorantim e opera desde 1956 no mercado de metais não ferrosos. Está entre as cinco maiores produtoras de zinco, ocupando posição de liderança na América Latina (Nexa, 2017).

Possui unidades industriais, na produção de zinco, em Três Marias (MG), Juiz de Fora (MG), Cajamarquilla (Peru), Vazante (MG) e Paracatu (MG) (Nexa, 2017).

A unidade produtiva de Três Marias, representada na Figura 11, tem como principais produtos o zinco SHG (*Special High Grade*), com 99,95% de pureza, ligas com alto teor de zinco, óxido de zinco e o pó de zinco.



Fonte: Nexa (2017)

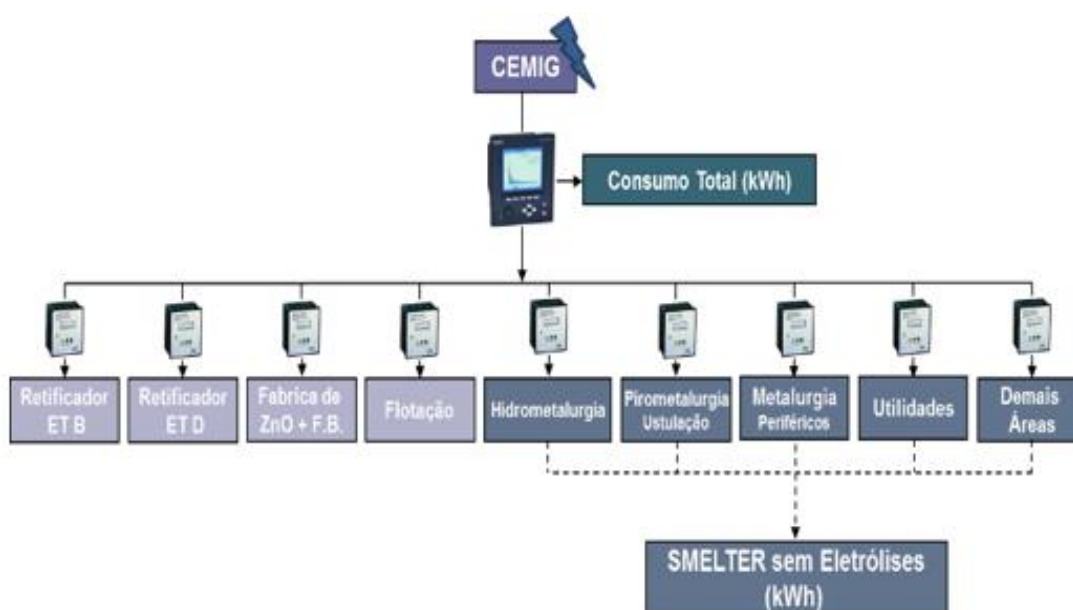
FIGURA 11 - Vista aérea da Nexa em Três Marias (MG).

O minério contendo zinco é extraído das jazidas de Vazante e Morro Agudo (MG) e tratado em processos que tem por finalidade selecionar e concentrar as partículas de zinco encontradas em diversos minérios para então ser transportado para Três Marias.

Esse concentrado de zinco passa por processos químicos que permitem eliminar as impurezas prejudiciais à etapa de eletrólise, responsável pela obtenção de zinco metálico no formato de placas, que serão posteriormente enviadas à Fundição de Zinco, sua principal função é realizar a fusão do catodo através de fornos de indução, produzindo ligas como ZAMAC, Jumbo SHG e Zn4.

3.2 A gestão de energia interna

A empresa já possui uma equipe que realiza a gestão de energia elétrica da fábrica, onde 100% do consumo da unidade é medido. Setorialmente mede-se 96%, sendo 90% online através do Sistema de Gerenciamento de Energia (SIGE) e 6% por leituras realizadas *in loco*, os outros 4% são equivalentes à energia elétrica utilizada por empresas parceiras, setor administrativo entre outros. A divisão dos medidores da empresa pode ser vista na Figura 12.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

FIGURA 12 - Medidores de consumo de energia setoriais.

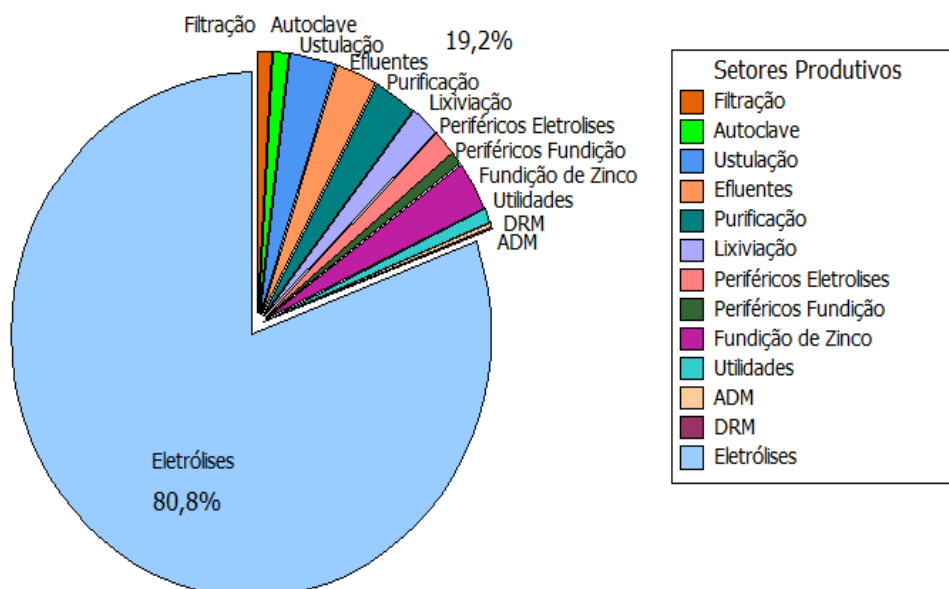
3.2.1 Identificação dos vetores primários e secundários

A unidade apresenta uma certa variedade de vetores primários com diversas finalidades, tais como:

- Óleo combustível para geração de vapor nas caldeiras e geradores;
- Água industrial para resfriamento de transformadores, retificadores e no processo de preparo da matéria prima;
- Energia elétrica para operação de fornos de indução, iluminação e funcionamento de motores, entre outros.

Como forma de sintetização, foi considerado apenas a energia elétrica como vetor secundário a ser estudado neste trabalho, por representar a maior parte dos custos de transformação do concentrado em zinco metálico.

Na Figura 13 pode ser visto o percentual do consumo de energia elétrica de cada setor da fábrica.



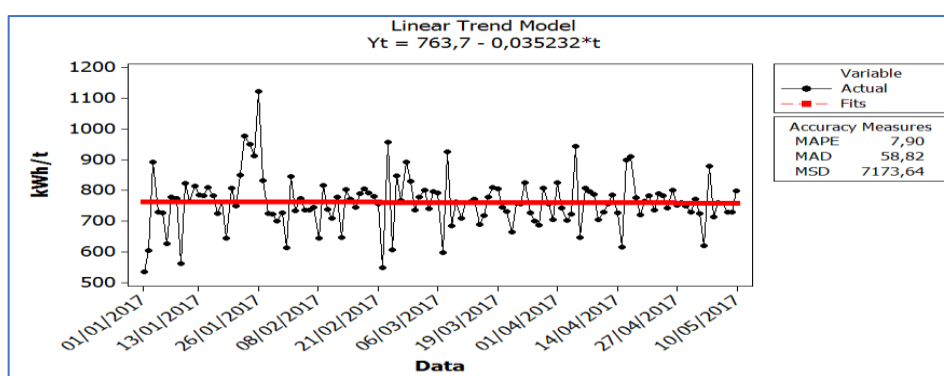
Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

FIGURA 13 - Representação dos setores produtivos no consumo específico de energia Smelter.

3.2.2 Identificação dos parâmetros de controle

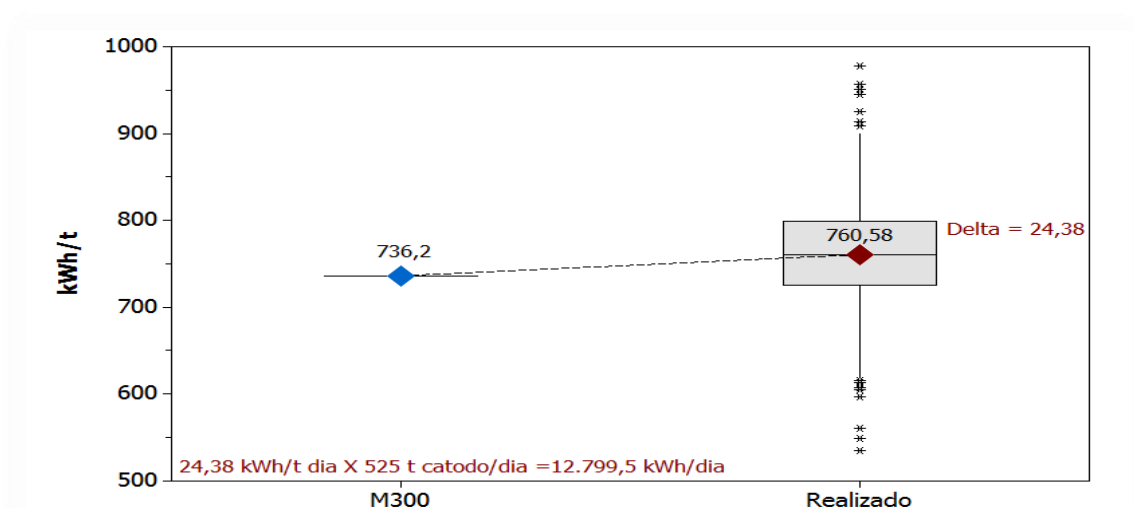
Foi utilizado como parâmetro de controle o consumo específico de energia elétrica Smelter¹ orçado para o ano de 2017, no valor de 736,2 kWh/t, projetado com base na estimativa de produção para o referido ano.

O gráfico da Figura 14 representa o consumo específico de energia elétrica (EE) em um determinado período, com um consumo específico médio de 763,7 kWh/t, e no gráfico da Figura 15 mostra um consumo superior de 24,38 kWh/t entre o consumo específico orçado e realizado para o ano de 2017.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

FIGURA 14 - Análise de tendência consumo específico EE Smelter sem eletrólise (ET).



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

FIGURA 15 - Análise orçado vs. realizado consumo específico EE Smelter sem ET.

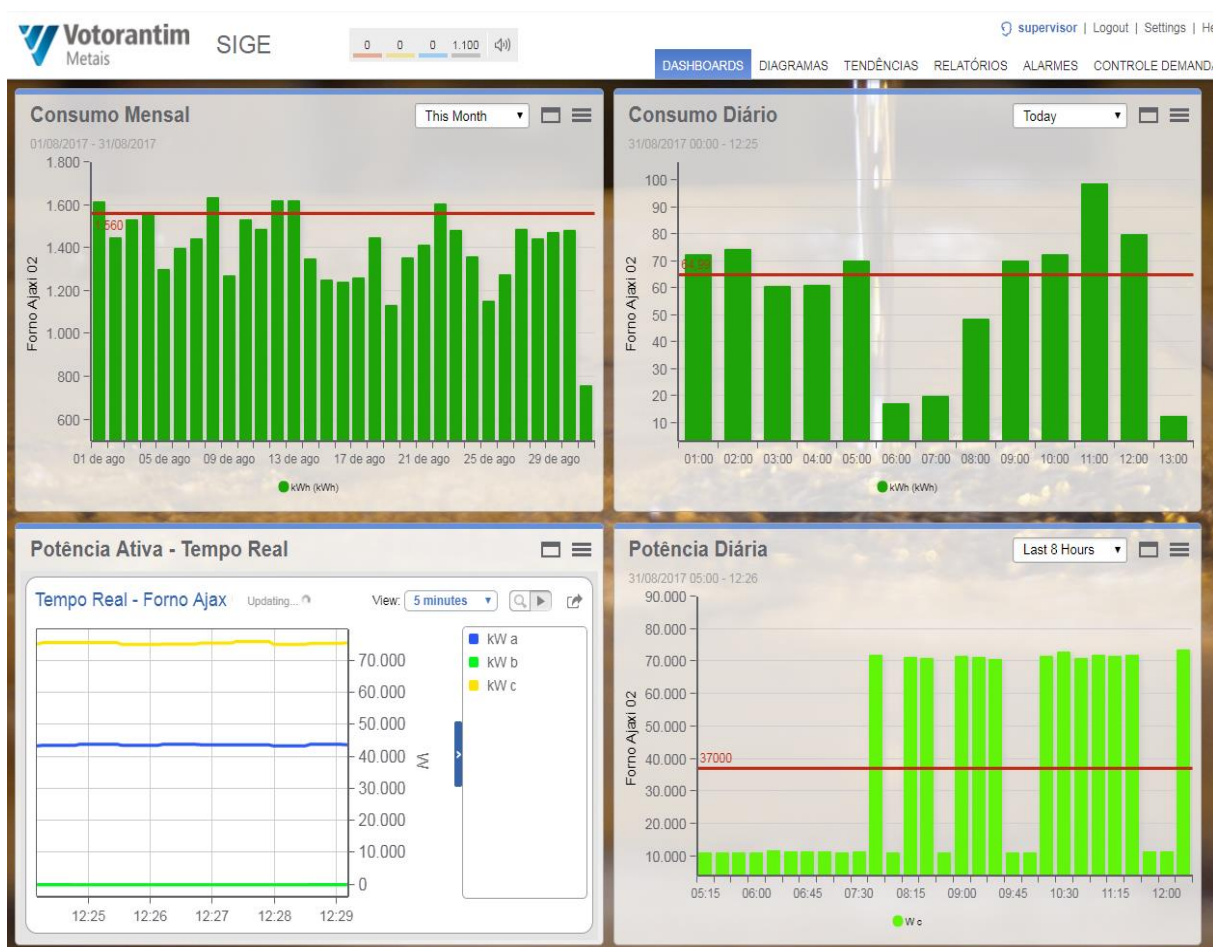
¹ Smelter refere-se aos setores de Hidrometalurgia, Pirometalurgia, Metalurgia e Utilidades da unidade fabril.

3.2.3 Estabelecimento das metas de redução de consumo

Conforme os parâmetros de controle definidos, o consumo específico da unidade está 3,3% acima do orçado, dessa forma foi utilizado o valor de 3% como meta de redução do consumo específico de energia elétrica dos setores Smelter.

3.2.4 Estabelecimento dos sistemas de medição

O sistema de medição foi realizado pelo SIGE, com o uso de *dashboards* que possibilitavam o acompanhamento do consumo diário e mensal das unidades produtivas e a visualização da meta de cada uma, como pode ser visto no exemplo da Figura 16.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

FIGURA 16 - Consumo energia elétrica do Forno Ajax II via SIGE.

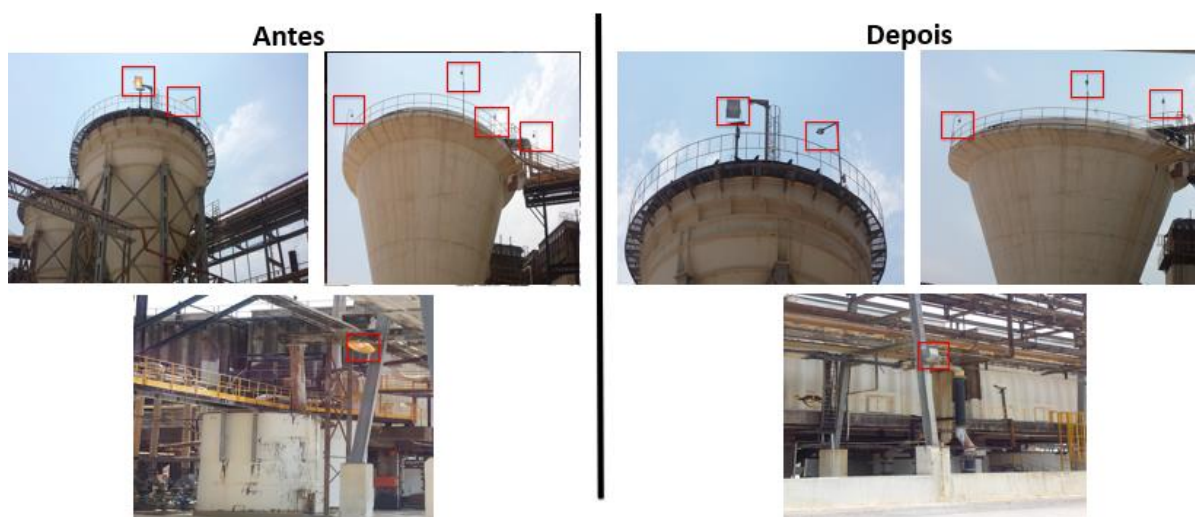
3.2.5 Ações realizadas de Ver e Agir

As ações de Ver e Agir tem como foco realizar atividades que reduzam o consumo de energia elétrica com medidas simples e fáceis de serem colocadas em prática.

3.2.5.1 Desligamento de refletores

Foram detectadas áreas abertas com iluminação acesa durante o dia, lâmpadas de vapor de sódio de 400 W com reatores e alto consumo de energia e áreas internas com telhas translúcidas que faziam desnecessárias as lâmpadas acesas.

Nas áreas abertas e com presença de relé fotovoltaico, foi realizada a averiguação do painel elétrico e constatado que o relé se encontrava na posição “manual”. Feito o teste de funcionalidade, o mesmo foi colocado em modo automático e dessa forma 16 lâmpadas de vapor de sódio com diferentes potências deixaram de estar ligadas sem necessidade durante o dia, como pode ser visto na Figura 17.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

FIGURA 17 - Refletores antes e depois do teste de funcionalidade dos relés.

Nas áreas com lâmpadas de vapor de sódio de 400 W e reatores de 120 W foi realizada a troca por 12 lâmpadas e refletores de LED de 150 W, como pode ser visto na Figura 18.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.
FIGURA 18 – Refletores trocados para LED.

Em uma das oficinas da fábrica, mostrada na Figura 19, houve a troca de algumas telhas convencionais por telhas translúcidas, permitindo a entrada de luz natural e o desligamento de 13 lâmpadas de vapor de sódio de 400 W com reatores de 120 W.

Antes



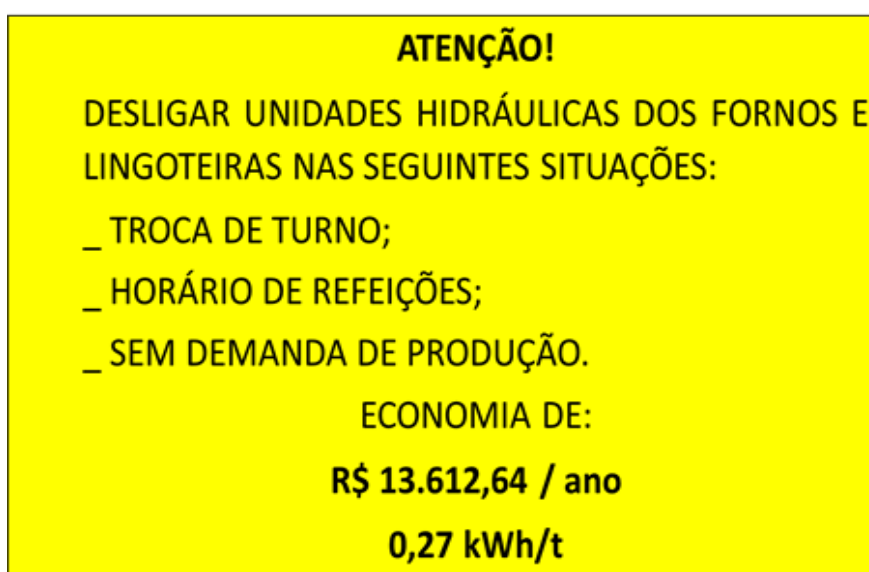
Depois



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.
FIGURA 19 - Refletores desligados durante o dia após troca de telhas.

3.2.5.2 Desligamento de unidades hidráulicas nos fornos da Fundição

O desligamento de lâmpadas em cômodos em que não estão sendo usados tem o mesmo princípio do desligamento de unidades hidráulicas ligadas sem necessidade. Muitas das vezes o operador aciona a unidade hidráulica e por facilidade a deixa ligada mesmo sem usá-la, por isso foram feitas placas de aviso, exemplificada na Figura 20, e fixadas nos painéis de controle, conforme visto na Figura 21, a fim de conscientizar os operadores sobre o desperdício que acontece com esse hábito.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

FIGURA 20 - Lembrete de desligamento das unidades hidráulicas.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

FIGURA 21 - Lembretes afixados nos painéis de controle.

3.2.5.3 Desligamento do Forno de Espera

O Forno de Espera, mostrado na Figura 22, é utilizado para manter a temperatura do banho da liga produzida, antes da mesma ser lingotada. Como muitas vezes a produção de ligas que necessitavam do uso do forno não acontecia, o forno permanecia ligado e consumindo energia elétrica sem necessidade, foi feita então a programação de desligamento do mesmo nos dias em que não havia produção de liga.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.
FIGURA 22 - Forno de espera desligado.

3.2.5.4 Apresentação do projeto de Redução do Consumo de Energia Elétrica

Realizou-se uma apresentação do projeto para o grupo de Instalações Elétricas da unidade, como forma de divulgação do projeto e incentivar para que todos participem das ações de redução e apresentem propostas de possíveis atividades que possam ser realizadas nesse intuito. É uma forma de instigar o senso de dono de cada colaborador e que haja mudanças positivas de hábitos de consumo, tanto dentro quanto fora da unidade fabril.

Durante a semana também envia-se um demonstrativo do consumo de energia elétrica para cada setor da unidade, para que os mesmos possam gerir o indicador de suas áreas e assim entender o funcionamento dos equipamentos em relação ao consumo de energia, visando posterior levantamento de oportunidades.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do Programa de Gestão de Energia, aliado aos princípios do PDCA se mostraram uma maneira eficaz e objetiva de realizar a eficiência energética na empresa. Foram passos bem estipulados para que o foco do objetivo não seja perdido e que deixava claro como o consumo seria monitorado e quais seriam as consequências que as ações teriam na redução do consumo de energia.

As ações realizadas de redução do consumo de energia elétrica foram feitas no processo de Ver e Agir por ter sido constatado que em muitos casos, para o processo de mudança acontecer, era necessário apenas uma mudança de comportamento dos envolvidos como, por exemplo, o desligamento dos refletores.

As ações de desligamento de refletores, troca de lâmpadas e desligamento de unidades hidráulicas geraram uma economia estimada anual de quase R\$ 40.000,00 ao ano e uma redução do consumo de energia de 152 MWh/ano, isso mostra que não é necessário um investimento a ser feito para que resultados sejam obtidos de imediato.

A ação do forno de espera não foi contabilizada pois necessita de maior estudo de como proceder com seu processo de *setup*. Para ligas com grande teor de alumínio (Galfan 20, por exemplo) e que por isso tem uma rápida solidificação, foi observado que o forno deve estar a uma temperatura interna maior que 580 °C, já que ao ser usado para receber a liga a mesma solidificou e causou a perda do dosador e consequente diminuição da produção. Apesar de ser um ponto desfavorável, pode-se tomar como exemplo para que outras ações a serem desenvolvidas sejam melhor estudadas de forma global.

A apresentação do Projeto de Redução do Consumo de Energia não foi somente uma forma de explicar o projeto, mas também de instigar os colaboradores a terem um senso de dono para com a empresa. Foi possível evidenciar que com a redução do consumo de energia, o preço final do produto será menor, tornando-o mais competitivo no mercado e atraindo novos compradores, o que trará mais investimentos para a empresa e retorno financeiro de participação no lucro para os colaboradores. É uma situação de *win-win*, onde todos ganham se cada um fizer a sua parte.

Foi proposto também que o grupo se dividisse em dois e na próxima reunião apresentassem ideias e ações realizadas para redução do consumo de energia elétrica.

Cada ação de redução de consumo de energia foi divulgada amplamente para que todos os colaboradores da unidade ficassem motivadores e vissem em valores o quanto é economizado com ações simples. As ações já implementadas são acompanhadas periodicamente para analisar a real redução do consumo de energia e saber o que pode ser feito para melhorar os indicadores e a prática da ação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível perceber com o estudo da eficiência energética que mesmo com toda a tecnologia no mundo hoje, o mais importante é a atenção que se dá aos hábitos de consumo de energia e as medidas tomadas para mitigar o desperdício da mesma.

É muito importante que o agente de realização do estudo de consumo de energia elétrica e gestão de energia conheça bem os processos da empresa e tenha um bom relacionamento com todos, já que a maioria das pessoas são avessas a mudanças e se habitua com a rotina do trabalho. São também essas pessoas que tem um maior conhecimento de suas áreas e que poderão oferecer informações valiosas para que as ações de redução do consumo de energia aconteçam.

Muitas médias e grandes empresas possuem a errada ideia de pensarem que só porque suas empresas possuem equipamentos de qualidade e seu projeto é competente que a eficiência energética está arraigada em seu ambiente. É necessário que as pessoas tenham uma postura aberta a novos enfoques e possibilidades, e sempre com o pensamento que é possível gastar menos energia e reduzir mais o consumo.

A campanha de conscientização deve ser amplamente difundida para que a conservação de energia na indústria realmente ocorra, com a motivação de todos os empregados, em todos os setores da unidade e com apoio da Direção, por meio da distribuição de folhetos, cartazes, manuais, notícias em jornais internos. Deve haver a participação de todos os níveis da indústria, com responsabilidades definidas, em que cada uma das ações a serem definidas deve ter responsáveis diretos. Ações práticas de conservação de energia não podem ser meramente episódicas, mas sim fazerem parte do cotidiano das empresas.

5.1 Sugestão de trabalhos futuros

O trabalho continuará acompanhando as ações já implementadas e dará início à ações que exigem um maior estudo, como: possibilidade de redução de temperatura dos fornos da Fundição, preditiva de motores a fim de observar seu dimensionamento ideal e evitar queima dos mesmos, avaliação do sistema de ar comprimido.

REFERÊNCIAS

ABESCO. **O que é Eficiência Energética**. Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>. Acesso em 05 ago 2017.

Bartolo, Tamara di. Relação entre o índice de Intensidade Energética e a Evolução das Emissões de CO₂ no Brasil (1980-2005). UFRJ, 2008.

Brasil. **Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico - 2015: Siderurgia, Ferro-gusa, Ferroligas, Metais não-ferrosos**, Fundação. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015. 108 p.

Confederação Nacional da Indústria – CNI. **Eficiência Energética na Indústria**. Brasília, 2009.

Eletrobrás. **Guia teórico Gestão Energética**. Rio de Janeiro, 2005.

Empresa de Pesquisa Energética. In: Série Estudos da Demanda. **Avaliação da Eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019)**. Nota técnica DEA 14/10. Rio de Janeiro, 2010.

_____. In: Série Estudos da Demanda de Energia. **Demanda de Energia 2050**. Nota técnica DEA 13/14. Rio de Janeiro: MMA, 2014.

_____. Balanço Energético Nacional 2013: Ano base 2012. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Relatório Nacional de Monitoração de Eficiência Energética**. Santiago de Chile: Organização das Nações Unidas, 2015.

Fawkes, S., Oung, K., Thorpe, D. Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement – An Introduction for Policy Makers. Copenhagen: UNEP DTU Partnership, 2016.

International Energy Agency (IEA). **Energy Efficiency Market Report 2013 - Market Trends and Medium-Term Prospects**. Paris, 2013. Disponível em: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EEMR2013_free.pdf. Acesso em 13 mai. 2017.

_____. **Energy Efficiency: Market Report 2016**. Paris: OECD/IEA, 2016.

Nexa. **Votorantim Metais agora é Nexa**. Disponível em: <https://www.nexaresources.com/pt>. Acesso em 17 nov. 2017.

Portal Administração. **Ciclo PDCA: Do conceito à aplicação**. Postado em: 24 ago 2014. Disponível em: www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html?m=1. Acesso em: 18 nov. 2017.

SEBRAE. In. Programa MLT. **Formação de multiplicadores para atuação no local de trabalho.** Brasil, 2016. Disponível em: <http://bis.sebrae.com.br/bis/download.zhtml%3Ft%3DD%26uild>. Acesso em: 17 nov. 2017.

Setor Energético. **Brasil fica em penúltimo lugar em ranking internacional de eficiência energética.** Brasil, 2017. Disponível em: <http://www.setorenergetico.com.br/energia/brasil-fica-em-penultimo-lugar-em-ranking-internacional-de-eficiencia-energetica/22290/>. Acesso em 22 set. 2017.

Votorantim Metais. **Mapa das Operações – Produção de 2016.** Disponível em: <http://relatoriovmetais.com.br/2016/mapa-das-operacoes/>. Acesso em 27 nov. 2017.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA METALÚRGICA

Paola Gabriela Moura Nascimento *

Martin Cruz Rodriguez Paz **

RESUMO

O presente trabalho, através de uma revisão bibliográfica, realiza um estudo de eficiência energética em uma empresa metalúrgica, que possui elevado custo e demanda de energia. Foi abordado também as principais oportunidades a serem realizadas na indústria como forma de economia de energia e quais as barreiras encontradas para o avanço da eficiência energética no setor. Um estudo de caso é apresentado, utilizando o programa de Gestão de Energia aliado aos princípios do PDCA, a fim de mostrar o impacto que ocorre quando é feita eficiência energética na indústria e quão importante é que todos os colaboradores da empresa se engajem no programa para que se tenha bons resultados. Com ações simples de Ver e Agir foi estimada uma economia anual de quase R\$40.000,00 e redução do consumo de energia em 152 MWh/ano, assim foi possível observar que medidas simples e que envolvem comportamento pessoal trazem resultados satisfatórios na redução do consumo de energia elétrica. É importante que o senso de dono seja aflorado nos colaboradores para que haja mudança de hábitos e instigue-os na procura constante por um processo de produção mais eficiente energeticamente assim como economicamente.

Palavras-chave: Eficiência energética na indústria, gestão de energia.

1 INTRODUÇÃO

Quando boa parte do Brasil passou por severas limitações de oferta de energia elétrica nos anos 2001 e 2002, as indústrias buscaram a preservação dos seus negócios por meio de medidas emergenciais de eficiência energética e até cortes na produção. Desde então ainda

* Acadêmica do curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé.
Email: paolagmnascimento@outlook.com.

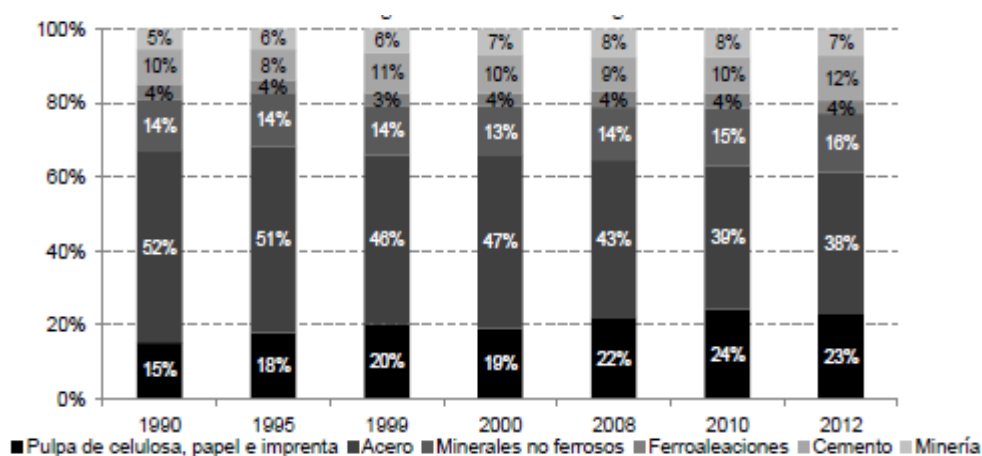
** Professor do curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé.
Email: prof.martinpaz@gmail.com.

persiste no Brasil a ideia de que eficiência está associada a corte de energia. A eficiência energética é uma alternativa real de preservação de investimentos e ganhos em curto prazo.

Apesar da indústria ser o setor que possui maior demanda de energia elétrica, o Brasil não apresenta uma política de eficiência energética de longo prazo específica para o setor. Estudos mostram que o total de energia conservada na indústria, através da eficiência energética, pode chegar a até 9.243 GWh até 2019 (EPE, 2010).

A demanda de energia na indústria cresceu, em média, 3,3% ao ano entre 1990 e 2012, saltando de 43 milhões de tep em 1990 para 89 milhões de tep em 2012. Já o PIB brasileiro aumentou em uma taxa média ligeiramente inferior: 2,9% ao ano. O consumo total de energia cresceu na mesma proporção que a demanda industrial (3,3% ao ano); em 2012 foram consumidos 214 milhões de tep, contra 105 milhões de tep em 1990 (EPE, 2015).

Em relação aos segmentos energointensivos da indústria brasileira, a Figura 1 mostra a distribuição do consumo de energia em quatro anos selecionados.



Fonte: EPE (2015).

Figura 1 – Consumo de energia em indústrias energointensivas.

O segmento de metais não ferrosos ficou em terceiro colocado dentre os maiores consumidores de energia. Sua participação tem perfil mais estável, começou o período em 14% e hoje se encontra no patamar de 16% (EPE, 2015).

Uma importante ferramenta para a eficiência energética na indústria é a gestão de energia, onde é realizado todo um processo de análise de que forma a energia é utilizada, quais medidas podem ser adotadas para a redução do consumo, implantação de ações e acompanhamento das mesmas.

A Nexa Resources, organização de estudo deste trabalho, é uma empresa de mineração global que faz parte do grupo Votorantim e atua no mercado de metais não-ferrosos, sendo hoje uma das principais mineradoras do mundo e com uma posição de liderança na América Latina. Em 2016 foram 273,3 mil toneladas de zinco metálico produzidas no Brasil, sendo 186,7 mil toneladas somente na unidade de Três Marias (MG) (Votorantim Metais, 2016).

2 DESENVOLVIMENTO

O trabalho foi desenvolvido com base no Programa de Gestão de Energia da Eletrobrás (2005), aliado aos princípios do PDCA. Foram identificados os parâmetros iniciais do trabalho para, então, iniciar as ações de redução do consumo de energia elétrica.

2.1 Identificação dos vetores primários e secundários

O primeiro passo é identificar os vetores primários e secundários da empresa (insumos adquiridos na forma bruta e como são utilizados na unidade produtiva), como forma de sintetização, foi considerado apenas a energia elétrica como vetor secundário a ser estudado, por representar a maior parte dos custos de transformação do concentrado em zinco metálico.

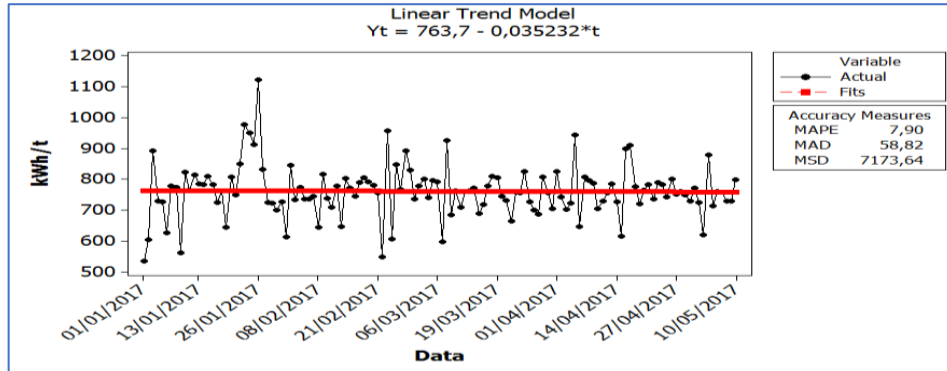
2.2. Identificação dos parâmetros de controle

Foi utilizado como parâmetro de controle o consumo específico de energia elétrica Smelter¹ orçado para o ano de 2017, no valor de 736,2 kWh/t, projetado com base na estimativa de produção para o referido ano.

O gráfico da Figura 2 representa o consumo específico de energia elétrica (EE) em um determinado período, com um consumo específico médio de 763,7 kWh/t, e no gráfico da

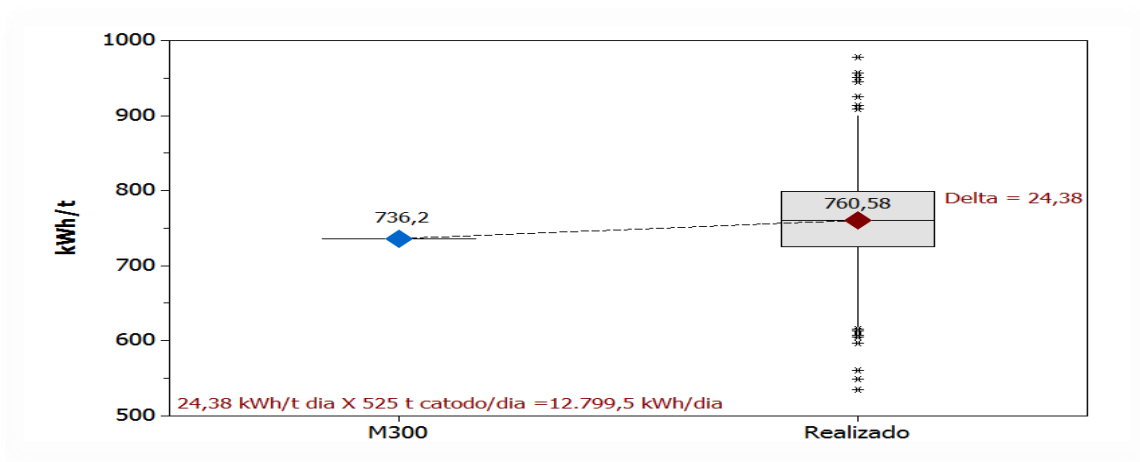
¹ Smelter refere-se aos setores de Hidrometalurgia, Pirometalurgia, Metalurgia e Utilidades da unidade fabril.

Figura 3 mostra um consumo superior de 24,38 kWh/t entre o consumo específico orçado e realizado para o ano de 2017.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

Figura 2 - Análise de tendência consumo específico EE Smelter sem eletrólise (ET).



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

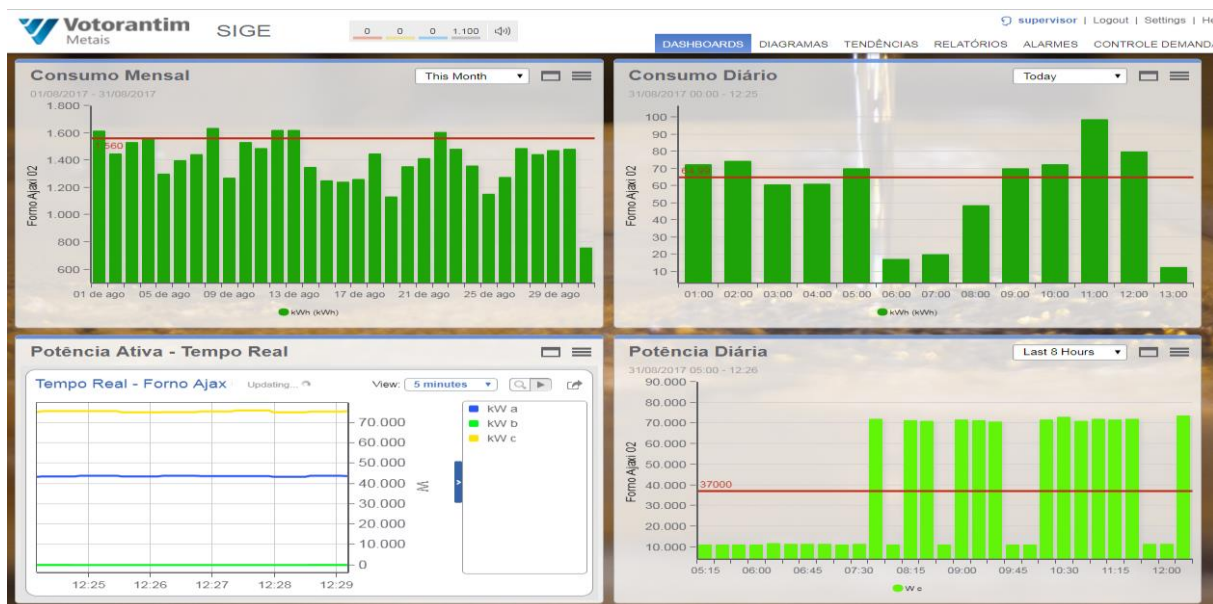
Figura 3 - Análise orçado vs. realizado consumo específico EE Smelter sem ET.

2.3 Estabelecimento das metas de redução de consumo

Conforme os parâmetros de controle definidos, o consumo específico da unidade está 3,3% acima do orçado, dessa forma foi utilizado o valor de 3% como meta de redução do consumo específico de energia elétrica dos setores Smelter.

2.4 Estabelecimento dos sistemas de medição

O sistema de medição foi realizado pelo SIGE, com o uso de *dashboards* que possibilitavam o acompanhamento do consumo diário e mensal das unidades produtivas e a visualização da meta de cada uma, como pode ser visto no exemplo da Figura 4.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

Figura 4 - Consumo energia elétrica do Forno Ajax II via SIGE.

2.5 Ações realizadas de Ver e Agir

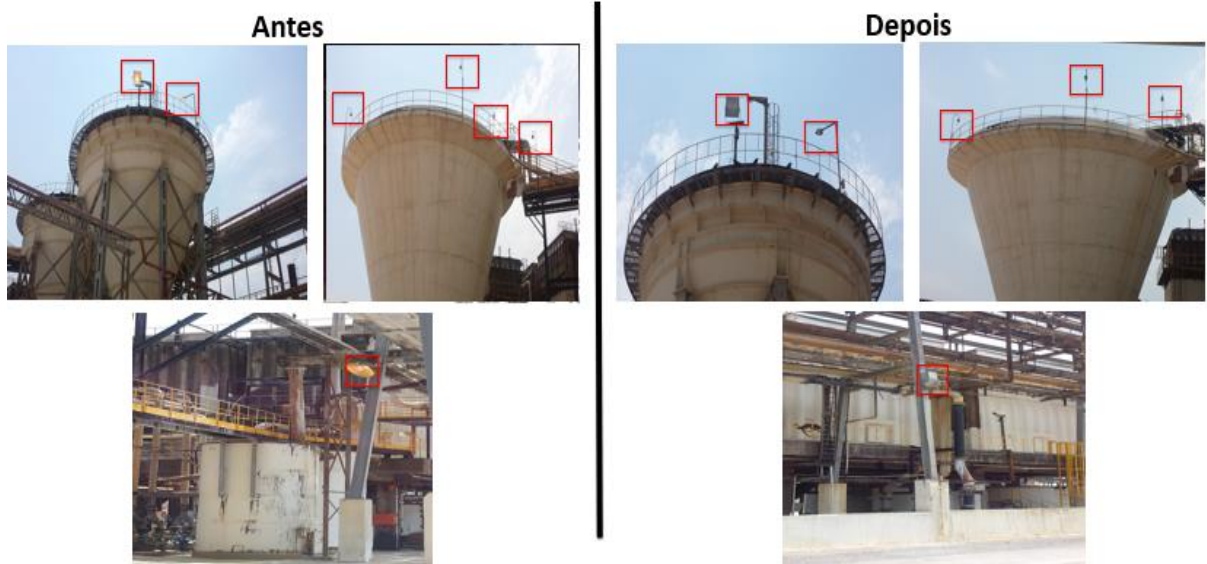
As ações de Ver e Agir tem como foco realizar atividades que reduzam o consumo de energia elétrica com medidas simples e fáceis de serem colocadas em prática.

2.5.1 Desligamento de refletores

Foram detectadas áreas abertas com iluminação acesa durante o dia, lâmpadas de vapor de sódio de 400 W com reatores e alto consumo de energia e áreas internas com telhas translúcidas que faziam desnecessárias as lâmpadas acesas.

Nas áreas abertas e com presença de relé fotovoltaico, foi realizada a averiguação do painel elétrico e constatado que o relé se encontrava na posição “manual”. Feito o teste de

funcionalidade, o mesmo foi colocado em modo automático e dessa forma 16 lâmpadas de vapor de sódio com diferentes potências deixaram de estar ligadas sem necessidade durante o dia, como pode ser visto na Figura 5.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

Figura 5 - Refletores antes e depois do teste de funcionalidade dos relés.

Nas áreas com lâmpadas de vapor de sódio de 400 W e reatores de 120 W foi realizada a troca por 12 lâmpadas e refletores de LED de 150 W, como pode ser visto na Figura 6.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

Figura 6 – Refletores trocados para LED.

Em uma das oficinas da fábrica, mostrada na Figura 7, houve a troca de algumas telhas convencionais por telhas translúcidas, permitindo a entrada de luz natural e o desligamento de 13 lâmpadas de vapor de sódio de 400 W com reatores de 120 W.

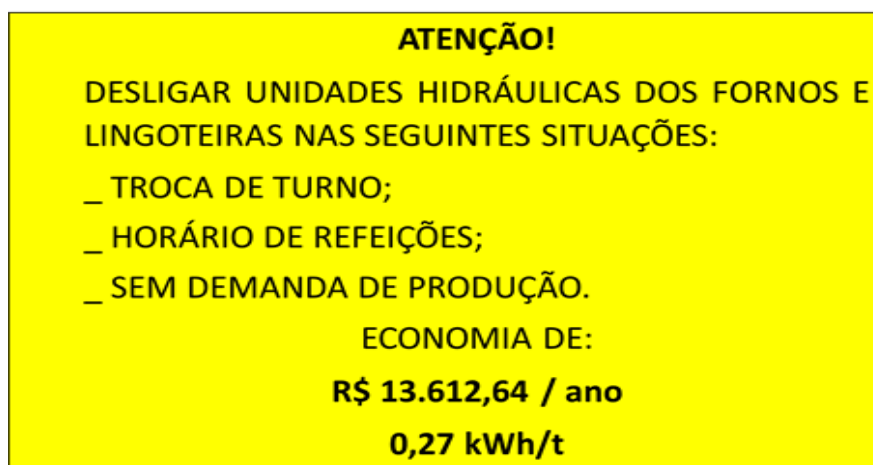


Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

Figura 7 - Refletores desligados durante o dia após troca de telhas.

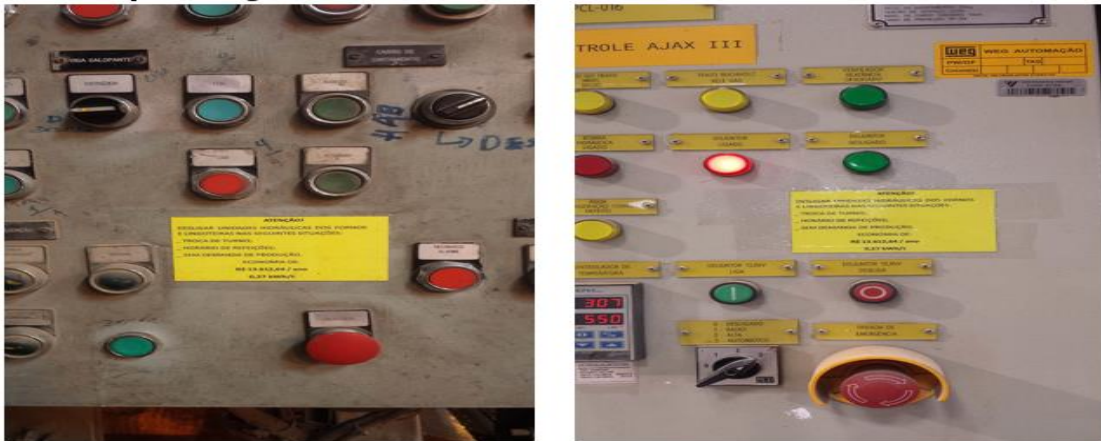
2.5.2 Desligamento de unidades hidráulicas nos fornos da Fundição

O desligamento de lâmpadas em cômodos em que não estão sendo usados tem o mesmo princípio do desligamento de unidades hidráulicas ligadas sem necessidade. Muitas das vezes o operador aciona a unidade hidráulica e por facilidade a deixa ligada mesmo sem usá-la, por isso foram feitas placas de aviso, exemplificada na Figura 8, e fixadas nos painéis de controle, conforme visto na Figura 9, a fim de conscientizar os operadores sobre o desperdício que acontece com esse hábito.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.

Figura 8 - Lembrete de desligamento das unidades hidráulicas.



Fonte: Arquivo interno Nexa Resources.
Figura 9 - Lembretes afixados nos painéis de controle.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do Programa de Gestão de Energia, aliado aos princípios do PDCA se mostraram uma maneira eficaz e objetiva de realizar a eficiência energética na empresa. Foram passos bem estipulados para que o foco do objetivo não seja perdido e que deixava claro como o consumo seria monitorado e quais seriam as consequências que as ações teriam na redução do consumo de energia.

As ações realizadas de redução do consumo de energia elétrica foram feitas no processo de Ver e Agir por ter sido constatado que em muitos casos, para o processo de mudança acontecer, era necessário apenas uma mudança de comportamento dos envolvidos como, por exemplo, o desligamento dos refletores.

As ações de desligamento de refletores, troca de lâmpadas e desligamento de unidades hidráulicas geraram uma economia estimada anual de quase R\$ 40.000,00 ao ano e uma redução do consumo de energia de 152 MWh/ano, isso mostra que não é necessário um investimento a ser feito para que resultados sejam obtidos de imediato.

A apresentação do Projeto de Redução do Consumo de Energia não foi somente uma forma de explicar o projeto, mas também de instigar os colaboradores a terem um senso de dono para com a empresa. Foi possível evidenciar que com a redução do consumo de energia, o preço final do produto será menor, tornando-o mais competitivo no mercado e atraindo novos compradores, o que trará mais investimentos para a empresa e retorno financeiro de participação

no lucro para os colaboradores. É uma situação de *win-win*, onde todos ganham se cada um fizer a sua parte.

Cada ação de redução de consumo de energia foi divulgada amplamente para que todos os colaboradores da unidade ficassem motivadores e vissem em valores o quanto é economizado com ações simples. As ações já implementadas são acompanhadas periodicamente para analisar a real redução do consumo de energia e saber o que pode ser feito para melhorar os indicadores e a prática da ação.

5 CONSIDERAÇÃO FINAIS

Foi possível perceber com o estudo da eficiência energética que mesmo com toda a tecnologia no mundo hoje, o mais importante é a atenção que se dá aos hábitos de consumo de energia e as medidas tomadas para mitigar o desperdício da mesma.

É muito importante que o agente de realização do estudo de consumo de energia elétrica e gestão de energia conheça bem os processos da empresa e tenha um bom relacionamento com todos, já que a maioria das pessoas são avessas a mudanças e se habitua com a rotina do trabalho. São também essas pessoas que tem um maior conhecimento de suas áreas e que poderão oferecer informações valiosas para que as ações de redução do consumo de energia aconteçam.

Muitas médias e grandes empresas possuem a errada ideia de pensarem que só porque suas empresas possuem equipamentos de qualidade e seu projeto é competente que a eficiência energética está arraigada em seu ambiente. É necessário que as pessoas tenham uma postura aberta a novos enfoques e possibilidades, e sempre com o pensamento que é possível gastar menos energia e reduzir mais o consumo.

A campanha de conscientização deve ser amplamente difundida para que a conservação de energia na indústria realmente ocorra, com a motivação de todos os empregados, em todos os setores da unidade e com apoio da Direção, por meio da distribuição de folhetos, cartazes, manuais, notícias em jornais internos. Deve haver a participação de todos os níveis da indústria, com responsabilidades definidas, em que cada uma das ações a serem definidas deve ter

responsáveis diretos. Ações práticas de conservação de energia não podem ser meramente episódicas, mas sim fazerem parte do cotidiano das empresas.

Energy efficiency in industry: a case study in a metallurgical company

Abstract

The present work, through a bibliographical review, performs a study of energy efficiency in a metallurgical company, which has high cost and energy demand. It also addressed the main opportunities to be realized in the industry as a form of energy saving and the barriers found for the advance of energy efficiency in the sector. A case study is presented using the Energy Management program aligned with PDCA principles to show the impact that occurs when energy efficiency is made in the industry and how important it is for all employees to engage in the that you have good results. With simple actions of View and Act, an annual savings of almost R\$ 40,000.00 and a reduction of energy consumption of 152 MWh / year were estimated, so it was possible to observe that simple measures involving personal behavior bring satisfactory results in reducing energy consumption. electricity. It is important that the owner's sense is raised in the employees to change habits and instill them in the constant search for a production process more energy-efficient as well as economically.

REFERÊNCIAS

Eletrobrás. **Guia teórico Gestão Energética**. Rio de Janeiro, 2005.

Empresa de Pesquisa Energética. In: Série Estudos da Demanda. **Avaliação da Eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019)**. Nota técnica DEA 14/10. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Relatório Nacional de Monitoração de Eficiência Energética**. Santiago de Chile: Organização das Nações Unidas, 2015.

Nexa. **Votorantim Metais agora é Nexa.** Disponível em: <https://www.nexaresources.com/pt>. Acesso em 17 nov. 2017.

Votorantim Metais. **Mapa das Operações – Produção de 2016.** Disponível em: <http://relatoriovmetais.com.br/2016/mapa-das-operacoes/>. Acesso em 27 nov. 2017.