

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
será disponibilizado somente a partir
de 11/08/2020.

PAULO SÉRGIO ROSA MELONI

Proposta para melhoria da eficiência energética em uma indústria metalúrgica

Paulo Sérgio Rosa Meloni

Proposta para melhoria da eficiência energética em uma indústria metalúrgica

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza
Coorientador: Prof. Dr. Pedro Magalhães Sobrinho

Guaratinguetá - SP
2020

M528	Meloni, Paulo Sérgio Rosa Proposta para melhoria da eficiência energética em uma indústria metalúrgica / Paulo Sérgio Rosa Meloni – Guaratinguetá, 2020. 66 f : il. Bibliografia: f. 61-66 Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020. Orientador: Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza Co-orientador: Prof. Dr. Pedro Magalhães Sobrinho 1. Energia elétrica - Consumo. 2. Sustentabilidade. 3. Serviços de eletricidade. I. Título. CDU 620.92(043)
------	---

PAULO SÉRGIO ROSA MELONI

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

**PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO: MESTRADO**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Ivonete Ávila
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA
Orientador / UNESP/FEG


Prof. Dr. OSIRIS CANCIGLIERI JUNIOR
PUC/PR


Prof. Dr. ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN
UNESP/FEG

DADOS CURRICULARES

PAULO SÉRGIO ROSA MELONI

NASCIMENTO	25.07.1961 – Itajubá / MG
FILIAÇÃO	Paulo Meloni Maria de Lourdes Rosa Meloni
1979/1987	Graduação em Engenharia Elétrica Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI
1995/1996	Especialização em Tecnologia da Energia Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP
2004/2006	Especialização em Administração Escola de Administração de Empresas de São Paulo - FGV
2018/2020	Mestrado em Engenharia Mecânica Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá - UNESP

Dedico este trabalho, de modo especial, aos meus pais Paulo e Maria de Lourdes, à minha esposa Érica e aos meus filhos Matheus e Thiago.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade e disposição para realizar este trabalho.

Aos meus pais, Paulo e Maria de Lourdes, pela dedicação ao longo da minha vida e pela enorme contribuição à minha formação.

À minha esposa, Érica, companheira em todos os momentos, pelo apoio, incentivo, compreensão e paciência.

Aos meus filhos, Matheus e Thiago, presentes de Deus, por me incentivarem a seguir em frente.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza, exemplo de professor e pesquisador, pela atenção, incentivo e condução do processo de elaboração deste trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Pedro Magalhães Sobrinho, pelo apoio e transmissão de conhecimentos e experiências.

À Fabração Indústria de Arames e Molas, em especial ao Sr. Adriano Merkx, pela oportunidade e apoio.

E a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Não se pode criar experiência. É preciso passar por ela”.

Albert Camus

RESUMO

O setor industrial é responsável pela maior demanda de energia no Brasil e no mundo e, portanto, estudos sobre eficiência energética neste setor são importantes para a economia e para a sustentabilidade. No Brasil, existem mais de 100.000 indústrias de pequeno porte (de 10 a 49 funcionários), que representam aproximadamente 23% do total de estabelecimentos industriais, porém ações de eficiência energética em indústrias de pequeno porte não são tão incentivadas e implementadas se comparadas as indústrias de médio e grande porte. Este trabalho analisou as instalações de força motriz e iluminação de uma empresa de pequeno porte do ramo metalúrgico, localizada no interior do Estado de São Paulo, com o objetivo de identificar oportunidades de otimização da eficiência energética e redução do consumo de energia elétrica. Após levantamento de dados, medições em campo e análise, os resultados indicaram que a substituição dos motores elétricos por outros de alto rendimento, pode reduzir o consumo de energia elétrica em 9,7% e que a substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED tubulares, pode reduzir o consumo em 55,0%. Outras medidas, que envolvem pequenos investimentos, podem contribuir para a eficiência energética na empresa, tais como: treinamentos para conscientização e motivação dos funcionários, limpeza e pintura com cores claras do teto, paredes e janelas e a substituição de telhas translúcidas envelhecidas. Este estudo evidenciou que a aplicação de medidas de eficiência energética em uma indústria de pequeno porte propicia economia de energia elétrica, e, conseqüentemente, aumenta a disponibilidade de energia, melhora a segurança no fornecimento, diminui a necessidade de investimentos e reduz os impactos ambientais. A aplicação de medidas que visam aumentar a eficiência energética em indústrias de pequeno porte representa um potencial enorme de economia de energia para o país, cujos valores podem ultrapassar 1 bilhão de reais/ano.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo energético. Energia na indústria. Economia de energia elétrica. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The industrial sector has the highest demand for electricity in Brazil and the whole world, therefore, studies on energy efficiency in this sector are important for the economy and for sustainability. In Brazil, there are more than 100,000 small industries (between 10 and 49 employees), which represent approximately 23% of the total industries, however, energy efficiency actions in small companies are not as encouraged and implemented as in the medium and large ones. This paper analyzed the electric motors and the lighting installations of a small metallurgical company, located in the State of São Paulo, with the goal of identifying opportunities to optimize energy efficiency and reduce electricity consumption. After data collection, measurements and analysis, the results indicated that the replacement of the electric motors with high-efficiency ones, can reduce electricity consumption by 9.7% and that the replacement of fluorescent lamps with LED tube lamps, can reduce consumption by 55.0%. Other measures, which involves small investments, can also contribute to energy efficiency in the company, such as: employee's awareness and motivation training, cleaning and painting the ceiling, walls and windows with light colors and the replacement of aged translucent roof tiles. This study showed that the application of energy efficiency measures in a small industry provides savings in electricity, and consequently, increases the availability of energy, ensures a better supply, reduces the need for investments and reduces impacts environmental issues. The application of measures to increase energy efficiency in small industries represents a great potential for energy savings in Brazil, with values that can exceed BRL 1 Bi/year.

KEYWORDS: Energy consumption. Energy in the industrial sector. Electric energy savings. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Participação das fontes de energia primária utilizadas no mundo em 2016	18
Figura 2 – Países maiores consumidores de energia em 2018	19
Figura 3 – Países com leis de eficiência energética implementadas até o ano de 2016.....	23
Figura 4 – Os múltiplos benefícios das melhorias em eficiência energética.....	26
Figura 5 – Participação setorial no consumo de energia elétrica no Brasil em 2018	28
Figura 6 – Utilização da energia elétrica no setor industrial brasileiro	30
Figura 7 – Evolução do motor de indução com relação ao rendimento e à massa por potência	31
Figura 8 – Motor de indução trifásico com rotor em gaiola.....	32
Figura 9 – Comparativo entre rendimentos nominais dos motores padrão (IR1), de alto rendimento (IR2) e premium (IR3), 4polos	36
Figura 10 – Lâmpada fluorescente tubular.....	38
Figura 11 – Lâmpadas LED: (a) bulbo; (b) tubular	39
Figura 12 – Layout da empresa metalúrgica estudada.....	42
Figura 13 – Exemplos de motores elétricos instalados na empresa.....	43
Figura 14 – Luminária tipo calha aberta instalada na empresa	44
Figura 15 – Tela inicial do programa BDMotor versão 4.3	46
Figura 16 – Exemplo de tela do banco de dados de motores do Programa BDMotor versão 4.3	46
Figura 17 – Exemplo da determinação do carregamento de um motor através do Programa BDMotor	47
Figura 18 – Curva de desempenho de um motor elétrico WEG de 3 cv, 4 polos.....	47
Figura 19 – Localização dos pontos de medição de iluminância na empresa estudada	48
Figura 20 – Alicate wattímetro Minipa ET-4080.....	49
Figura 21 – Tacômetro digital Icel TC-5005	49
Figura 22 – Termômetro infravermelho Homis 507	50
Figura 23 – Medidor de distância a laser Instrutherm TR-180.....	50
Figura 24 – Luxímetro digital Instrutherm LD-400.....	51
Figura 25 – Valores de iluminância (lux) medidos no interior do prédio	55
Figura 26 – Iluminação natural no galpão da empresa	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Barreiras à melhoria da eficiência energética	27
Quadro 2 – Desempenho de motores de indução em função da tensão aplicada	33
Quadro 3 – Valores mínimos de rendimento para motores de indução trifásicos, conforme Portaria Interministerial Nº 1 de 29/06/2017	35
Quadro 4 – Especificações técnicas das lâmpadas fluorescentes instaladas na empresa.....	44
Quadro 5 – Resumo dos resultados obtidos com a substituição dos motores elétricos	54
Quadro 6 – Especificações técnicas de uma lâmpada LED tubular	56
Quadro 7 – Resumo dos resultados obtidos com a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LEDs tubulares	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de estabelecimentos industriais existentes no Brasil em 2018.....	15
Tabela 2 – Níveis mínimos de iluminância para as atividades de trabalho e processamento em metal e trabalhos em ferro e aço, conforme a NBR ISO/CIE 8995-1:2013.....	40
Tabela 3 – Dados dos motores elétricos de indução trifásicos em operação na empresa	43
Tabela 4 – Carregamento, rendimento e potência elétrica dos motores instalados	52
Tabela 5 – Carregamento, rendimento e potência elétrica dos motores de alto rendimento....	53
Tabela 6 – Consumo de energia do sistema de iluminação instalado	56
Tabela 7 – Consumo de energia do sistema de iluminação com lâmpadas LEDs tubulares	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CNI	Confederação Nacional da Indústria
COP21	21ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCO	Empresa de Serviços de Conservação de Energia
IEA	International Energy Agency
ISO	International Organization for Standardization
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LED	Light Emitting Diode
MIT	Motor de Indução Trifásico
MME	Ministério de Minas e Energia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG	Organização Não Governamental
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programa de Eficiência Energética
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
UE	União Europeia
WEC	World Energy Council

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	19
3.2	POLÍTICAS E PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	20
3.3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO MUNDO	21
3.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	24
3.5	BENEFÍCIOS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	25
3.6	DESAFIOS PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	26
3.7	OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	28
3.7.1	Força Motriz	30
3.7.2	Iluminação	36
4	MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	41
4.2	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1	MOTORES ELÉTRICOS	52
5.2	ILUMINAÇÃO	54
5.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6	CONCLUSÕES	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A energia não deve ser consumida de forma indiscriminada, deve ser utilizada de forma sustentável para garantir que as futuras gerações possam utilizar desse recurso.

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna, sendo necessária para a produção de bens de consumo e para fornecer muitos dos serviços com os quais temos nos beneficiado (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2015).

Desde os primórdios da humanidade, ferramentas são desenvolvidas com o objetivo de facilitar tarefas do dia a dia, auxiliar na sobrevivência e prover um maior conforto às pessoas. Sejam essas ferramentas voltadas para o trabalho ou para o lazer, a evolução tecnológica em paralelo com a evolução da capacidade humana, tem feito tarefas complexas e demoradas serem simplificadas e facilitadas. O uso dos recursos tecnológicos diminuiu os esforços manuais e otimizou os processos e toda essa evolução está intimamente ligada ao uso da energia (FERNANDES, 2015).

Desde a Revolução Industrial, a competitividade econômica dos países e a qualidade de vida de seus cidadãos são intensamente influenciadas pela energia. Em um mercado global e em face das crescentes preocupações com o meio ambiente, essa influência se mostra cada vez mais decisiva. Nesse contexto, as economias que melhor se posicionam quanto ao acesso a recursos energéticos de baixo custo e de baixo impacto ambiental obtêm importantes vantagens comparativas (SAVAZZI, 2017).

De acordo com Bimestre (2015), a preocupação crescente com a menor abundância, em um futuro próximo, das fontes energéticas primárias, principalmente petróleo e gás natural, bem como a preocupação com a preservação do meio ambiente, têm levado os planejadores a considerar outros recursos para assegurar o pleno atendimento da demanda futura de energia. Esses recursos incluem uma maior diversificação da matriz energética, com participação mais significativa de fontes renováveis e a eficiência energética.

Usar com eficiência os recursos disponíveis deve ser uma aspiração de todas as sociedades e organizações que buscam o progresso. Isso se dá especialmente no caso de recursos energéticos, não só pelos valores despendidos, mas também pelos impactos ambientais necessários para a produção de energia (ELETROBRAS, 2018).

A energia é fator-chave de produção em muitos setores e, com o crescente ritmo da globalização, a competitividade internacional exige a redução dos custos de produção, incluindo aqueles relacionados à energia (CHAN et al., 2014).

A energia elétrica é uma das modalidades de energia mais consumida no país. Do ponto de vista do setor elétrico, o uso eficiente de energia diminui a necessidade de expansão do sistema, postergando investimentos necessários ao atendimento do mercado de energia elétrica. Para os consumidores, as principais vantagens são: redução do gasto com energia elétrica, otimização dos sistemas presentes na instalação e marketing associado às ideias de preservação ambiental (NATURESA, 2011).

Os projetos de eficiência energética desempenham um papel fundamental na melhoria da segurança energética, da sustentabilidade ambiental e do desenvolvimento econômico.

Como o setor industrial é responsável por uma parcela considerável da demanda de energia, tanto no Brasil, como no mundo, torna-se essencial que se desenvolvam ações de eficiência energética neste setor.

A Tabela 1 apresenta o número de estabelecimentos industriais existentes no Brasil em 2018 (CNI, 2019).

Tabela 1 – Número de estabelecimentos industriais existentes no Brasil em 2018

Tamanho da empresa	Número de funcionários	Quantidade	Participação
Micro	Até 9	330.385	71,2%
Pequena	10 a 49	105.333	22,7%
Média	50 a 249	22.737	5,0%
Grande	250 ou mais	5.568	1,2%

Fonte: Adaptado de CNI (2019).

Ações de eficiência energética em indústrias de pequeno porte (de 10 a 49 empregados) não são tão incentivadas e implementadas no Brasil se comparadas as indústrias de médio e grande porte, porém representam um potencial enorme de economia de energia elétrica, considerando que existiam mais de 100.000 indústrias de pequeno porte no país no ano de 2018, conforme apresentado na Tabela 1.

A geração de informações que auxiliem as indústrias de pequeno porte a reduzirem o consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, os custos de produção, contribuindo para a sustentabilidade e a competitividade, foi o que motivou a realização deste trabalho.

6 CONCLUSÕES

Após analisar as instalações da empresa com foco em força motriz e iluminação, foram identificadas oportunidades de redução do consumo de energia elétrica, sem comprometer a qualidade do produto, a capacidade de produção, a segurança da operação e a sustentabilidade ambiental.

O estudo de caso mostrou que a substituição dos motores elétricos por outros de alto rendimento e a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED tubulares, podem reduzir o consumo de energia elétrica em 9,7% e 55,0% respectivamente. Outras medidas, que envolvem pequenos investimentos, podem contribuir para a eficiência energética na empresa, tais como: treinamentos para conscientização e motivação dos funcionários, limpeza e pintura com cores claras do teto, paredes e janelas e a substituição de telhas translúcidas envelhecidas.

A aplicação de medidas que visam aumentar a eficiência energética em indústrias de pequeno porte representa um potencial enorme de economia de energia para o país, considerando que existem mais de 100.000 indústrias de pequeno porte em operação no Brasil.

Como sugestão para a continuidade deste trabalho ou pesquisas futuras, recomenda-se avaliar o sistema de ar comprimido da empresa, visando a otimização do consumo de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN COUNCIL FOR AN ENERGY-EFFICIENT ECONOMY - ACEEE. **National Policy Program**. Disponível em: <https://aceee.org/program/national-policy>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1: iluminação de ambientes de trabalho - parte 1: interior**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.
- BAJAY, S. V.; SANTANA, P. H. M. **Oportunidades de eficiência energética para a indústria: experiências internacionais em eficiência energética para a indústria**. Brasília: CNI, 2010. 88 p.
- BARBOSE, G. L. *et al.* The future of utility customer-funded energy efficiency programs in the USA: Projected spending and savings to 2025. **Energy Efficiency**, v. 6, n. 3, p. 475–493, 2013.
- BELINOVSKI, K. D. **Uma contribuição ao estudo de eficiência energética em sistemas industriais de ventilação**. 2011. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- BIMESTRE, T. A. **Proposta de metodologia para aplicação de eficiência energética em uma usina hidrelétrica**. 2015. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.
- BOGOVIZ, A. V. *et al.* Russia's energy efficiency policies in the industry sector: critical perspectives. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 8, n. 6, p. 48–58, 2018.
- BRASIL. **Portaria interministerial nº 1, de 29/06/2017**. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19266787/do1-2017-08-30-portaria-interministerial-n-1-de-29-de-junho-de-2017-19266690. Acesso em: 19 set. 2019.
- CAMIOTO, F. D. C. *et al.* Energy efficiency analysis of G7 and BRICS considering total-factor structure. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 122, p. 67–77, 2016.
- CAPELLI, A. **Energia elétrica: qualidade e eficiência para aplicações industriais**. São Paulo: Érica, 2013. 272p.
- CASTRO, A. T. **Gestão energética nos setores transversais para redução do consumo de energia em uma empresa automobilística**. 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.
- CHAN, D. Y. L. *et al.* Energy efficiency benchmarking of energy-intensive industries in Taiwan. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 77, p. 216–220, 2014.

CHOI, J. K.; EOM, J.; MCCLORY, E. Economic and environmental impacts of local utility-delivered industrial energy-efficiency rebate programs. **Energy Policy**, Guildford, v. 123, n. January 2018, p. 289–298, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Perfil da indústria**. Disponível em:
http://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/comparativo_estados?c1=sp&c2=br&c3=mg. Acesso em: 17 out. 2019.

COPEL. **Manual de eficiência energética na indústria**. Curitiba: Copel, 2005. 139 p.

COSTA, G. J. C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. 4. ed. Porto Alegre: EDPU-CRS, 2006. 591 p.

ELEKTRO. **Tarifas de média e alta tensão**. Disponível em:
<https://www.elektro.com.br/Media/Default/Tarifas/Tarifas-Media-e-Alta-Tensao.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2019.

ELETROBRAS. **Programa BD Motor versão 4.3**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2011.

ELETROBRAS. **Resultados Procel 2017 - ano base 2016**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2017. 63 p.

ELETROBRAS. **Resultados Procel 2018 - ano base 2017**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2018. 60 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Estudos de eficiência energética: nota técnica DEA 025/17**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2017. 107 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco energético nacional 2019: ano base 2018: relatório final**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2019. 292 p.

ENERDATA. **Global energy statistical yearbook 2019**. Disponível em:
<https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>. Acesso em: 10 set. 2019.

FABBRIANI, L.; CALILI, R. Proposal of energy efficiency policies for food and beverage industry in Brazil. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, v. 10, n. 6, 2018.

FERNANDES, J. P. O. **Proposta de metodologia para gestão de produção, visando redução no consumo de energia elétrica em uma unidade fabril do setor de bens de consumo**. 2015. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

FERREIRA, C. A. **Motor elétrico premium**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2016. 64 p.

GELLER, H. *et al.* Policies for increasing energy efficiency: Thirty years of experience in OECD countries. **Energy Policy**, v. 34, n. 5, p. 556–573, 2006.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. **Energia e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 764p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy efficiency governance**. Paris: International Energy Agency, 2010. 52 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Capturing the multiple benefits of energy efficiency**. Paris: International Energy Agency, 2014. 224 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Energy policies of IEA countries: Japan 2016**. Paris: International Energy Agency, 2016. 180 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **World energy balances: overview 2018**. Paris: International Energy Agency, 2018. 24 p.

INTRAL. **Lâmpadas led**. Disponível em: <https://www.intral.com.br/pt/produtos/lampadas-led>. Acesso em: 11 dez. 2019.

JOHANSSON, M. T.; THOLLANDER, P. A review of barriers to and driving forces for improved energy efficiency in Swedish industry – Recommendations for successful in-house energy management. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. may 2016, p. 618–628, 2018.

KAWANO, B. R. **Otimização na indústria de laticínios: oportunidades de eficiência energética e econômica**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

LI, M. J.; TAO, W. Q. Review of methodologies and policies for evaluation of energy efficiency in high energy-consuming industry. **Applied Energy**, London, v. 187, p. 203–215, 2017.

LO, K. A critical review of China's rapidly developing renewable energy and energy efficiency policies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 508–516, 2014.

MADIAS, E.-N. D. *et al.* A decision support system for techno-economic evaluation of indoor lighting systems with LED luminaires. **Operational Research**, n. 0123456789, 2019.

MAGINADOR, J. A. G. **Análise dos impactos dos programas de eficiência energética e proposições de melhorias dos programas nacionais**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2017.

MALINAUSKAITE, J. *et al.* Energy efficiency in industry: EU and national policies in Italy and the UK. **Energy**, v. 172, p. 255–269, 2019.

MATHIAS, F. R. DE C. **Diagnóstico energético e gestão da energia em uma planta petroquímica de primeira geração**. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

MEJIA, C. S. **Boas práticas e inovações tecnológicas visando ganhos de eficiência energética em alguns segmentos industriais energo- intensivos**. 2015. 199 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

MELLO SANTANA, P. H.; BAJAY, S. V. New approaches for improving energy efficiency in the Brazilian industry. **Energy Reports**, v. 2, p. 62–66, 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Plano decenal de expansão de energia 2019**. Brasília: MME/EPE, 2010. 354 p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Plano nacional de eficiência energética**. Brasília: MME, 2011. 134 p.

MORAIS, É. O. **Gestão da energia na indústria**: estudo de caso na Braskem. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

NATURESA, J. S. **Eficiência energética, política industrial e inovação tecnológica**. 2011. 199 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

PADRE, P. *et al.* Meeting the brazilian energy efficiency law : a flexible and interactive multicriteria proposal to replace non-efficient motors. **Sustainable Cities and Society**, v. 41, n. jun., p. 822–832, 2018.

PEREIRA, M. J. **Energia**: eficiências e alternativas. Rio de janeiro: Ciência Moderna, 2009. 216 p.

PINTO, L. M. **Desenvolvimento de metodologia para implementação de eficiência energética em sistemas auxiliares de uma planta industrial semi-integrada**. 2016. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL - PUCRS. **Manual de economia de energia**. Disponível em: <http://www.pucrs.br/biblioteca/manualuse.pdf>. Acesso em: 9 out. 2019.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL. **Procel info**. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>. Acesso em: 10 jul. 2019.

SÁ, A. F. R. **Guia de aplicações de gestão de energia e eficiência energética**. 3. ed. Porto: Publindústria, 2010. 527 p.

SALOMÃO, T. M. **Eficiência energética**: projetos luminotécnicos em plantas industriais. 2010. 197 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOS, A. H. M. *et al.* **Conservação de energia:** eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. Itajubá: Fupai, 2006. 597 p.

SAVAZZI, É. R. **Sustentabilidade e otimização de uma planta industrial utilizando a tecnologia de regeneração.** 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

SILVA, C. G. M. **Avaliação da utilização das lâmpadas led em laboratórios de análises: uma visão psicofísica nos laboratórios de química e biologia do Instituto Federal de São Paulo:** Câmpus São Paulo. 2015. 244 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SOBREIRA, S. G. A. **Eficiência energética aplicada a iluminação.** 2017. 41 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SOUZA, R. C. *et al.* **Cartilha de orientação para o usuário de motores reconicionados.** Rio de Janeiro: PUC Rio - International Copper Association Brazil, 2019. 24p.

TASSINI, J. O. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial:** estudo de caso. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

THEMA, J. *et al.* The multiple benefits of the 2030 EU energy efficiency potential. **Energies**, Paris, v. 12, n. 14, p. 1–19, 2019.

TRIANNI, A.; CAGNO, E.; FARNÉ, S. Barriers, drivers and decision-making process for industrial energy efficiency: a broad study among manufacturing small and medium-sized enterprises. **Applied Energy**, London, v. 162, p. 1537–1551, 2016.

TRIANNI, A.; MERIGÓ, J. M.; BERTOLDI, P. Ten years of energy efficiency: a bibliometric analysis. **Energy Efficiency**, v. 11, n. 8, p. 1917–1939, 2018.

VIANA, A. N. C. *et al.* **Eficiência energética:** fundamentos e aplicações. Campinas: Elektro, 2012. 314 p.

VIEIRA, N. D. B. **Avaliação dos impactos energéticos na redução das emissões de CO2 associadas aos mecanismos de eficiência energética no Brasil:** uma proposta metodológica e estudo de caso. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.

WORLD ENERGY COUNCIL - WEC. **World energy perspective:** energy efficiency policies : what works and what does not. Londres: World Energy Council, 2013. 125 p.

WORLD ENERGY COUNCIL - WEC. **World energy perspectives:** energy efficiency policies 2016. Londres: World Energy Council, 2016. 152 p.

WEG. **Motores elétricos:** guia de especificação. Jaraguá do Sul: WEG, 2017. 67 p.

WEG. **Gestão eficiente da energia elétrica**. Jaraguá do Sul: WEG, 2019a. 23 p.

WEG. **Eficiência energética**. Disponível em:

<https://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/energy-efficiency/efficiency-index>. Acesso em: 2 ago. 2019b.

WEG. **Catálogo eletrônico**. Disponível em:

https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-Elétricos/Trifásico---Baixa-Tensão/c/BR_MT_3PHASE_LV. Acesso em: 4 nov. 2019c.

WEG. **Simulador See+**. Disponível em: <https://www.weg.net/see+/pages/regua.jsp>. Acesso em: 6 nov. 2019d.

YANG, M.; HU, Z.; YUAN, J. The recent history and successes of China's energy efficiency policy. **Energy Efficiency**, v. 5, n. 6, p. 715–730, 2016.