

O sistema de gestão de energia elétrica como uma medida de redução de custos na indústria Brasileira

Willian Alysson Reitor Nunes (UFPR) willian.reitor@gmail.com
Ricardo Mendes Jr. (UFPR) ricardomendesjr@gmail.com

Resumo:

O Brasil ao longo da última década reduziu significativamente a competitividade por custos de produção. Um dos fatores que contribuem para este resultado é o aumento das tarifas de energia elétrica, cujo valor triplicou neste período e é o mais alto quando comparado com os demais países emergentes. A implantação de um sistema de gestão de energia elétrica na indústria é uma alternativa para a redução do custo e consumo de energia elétrica. Devido às particularidades de cada tipo de indústria, tais como processos produtivos, localização e fatores culturais, se mostra difícil a implantação de um sistema. Esta pesquisa tem como objetivo identificar na literatura quais são as barreiras e os métodos de gestão de energia elétrica que podem contribuir para a eficiência energética na indústria. As barreiras de modo geral estão relacionadas à multidisciplinariedade da implantação que envolve diversas áreas da organização, políticas de gestão, conhecimento técnico, estrutura organizacional, cultural e recursos tecnológicos. Na pesquisa em artigos publicados entre 2011 e 2016 foram encontrados dezoito métodos de gestão, que na sua maioria trazem o ciclo PDCA como um meio de perpetuação da implantação. Os estudos apontam como um dos pontos chave de sucesso o comprometimento da alta gerência. Porém, variam quanto à descrição de melhores práticas e evidências de implantação na prática das indústrias.

Palavras chave: Gestão de energia; eficiência energética; redução de custos; barreiras.

Energy management as an action plan to reduce costs in Brazilian industry

Abstract

Over last decade, Brazil reduced its competitiveness by production costs. Rising costs of electricity around 300% since 2004 is one of issues and the cost per kW shows the highest compared to other emerging countries. Energy management is an alternative to Brazilian industry be more competitive. The implementation is not an easy task, due different kind of work process, cultural and plant location. This research aims to identify barriers and energy management frameworks in literature. The main barriers are related to multidisciplinary tasks as departmental relations, policies, technical knowledge, organizational structure, cultural and technology. Eighteen frameworks were found from 2011 to 2016, most of them bring PDCA cycle concept and commitment of senior management is the success key of implementation. However, frameworks vary in description of best practices and lack implementation evidences in real life.

Key-words: Energy management, energy efficiency, cost reduction.

1. Introdução

A competitividade global do Brasil em relação a países emergentes por custo deteriorou-se bruscamente na última década, devido aos altos salários, produtividade limitada e aumento significativo de custos de energia (Figura 1). Destaca-se a energia elétrica que teve um aumento de mais de 300% desde 2004 (SIRKIN; ZINSER; ROSE, 2014).

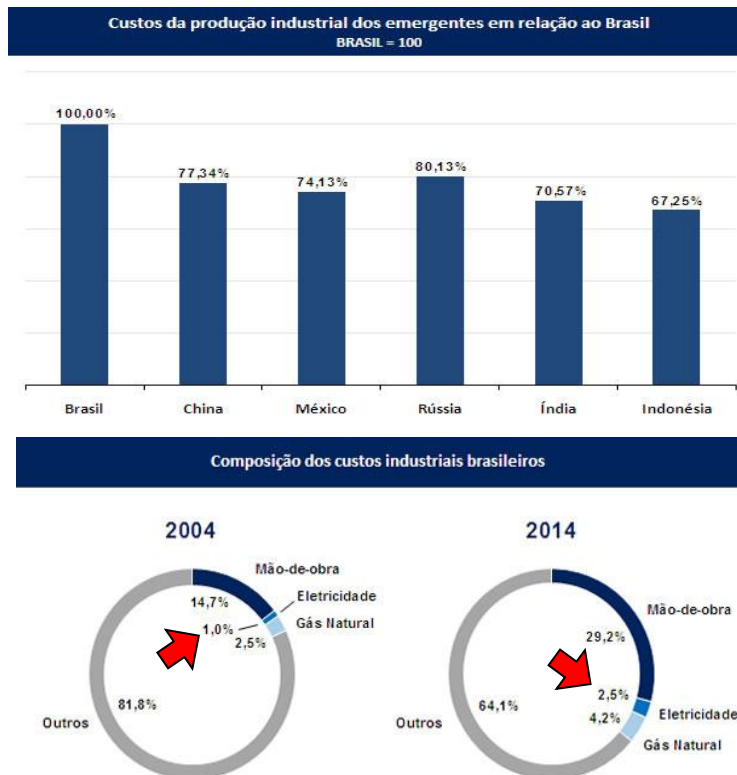


Figura 1 – Custo da produção na indústria brasileira, BCG (2016)

O Índice BCG mediu as mudanças diretas nos custos de fabricação de 2004 a 2014 entre as 25 principais economias exportadoras do mundo. O índice desenvolve pontuação de competitividade com base em salários de produção, produtividade, custos de energia e as taxas de câmbio em relação ao dólar americano (SIRKIN; ZINSER; ROSE, 2014).

A Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) acompanha o cenário da energia elétrica do Brasil e no mundo. A FIRJAN comparou o custo da eletricidade dos países emergentes e outros selecionados (Figura 2), e o Brasil ocupa a primeira posição, sendo um dos países com o custo da energia elétrica no mercado cativo mais altos do mundo, segundo dados de Julho/2015.

O cálculo do comparativo FIRJAN é baseado nas tarifas praticadas nas 64 distribuidoras brasileiras para indústria, considerando sazonalidade, períodos secos e úmidos e utilização das hidrelétricas e termoeletricas ao longo do ano. Os valores internacionais foram obtidos na publicação “Energy Prices and Taxes” da Agência Internacional de Energia e na base de dados da OLADE – Organização Latino-Americana de Energia. Para todos os países, foram consideradas as tarifas com tributos (FIRJAN, 2011).

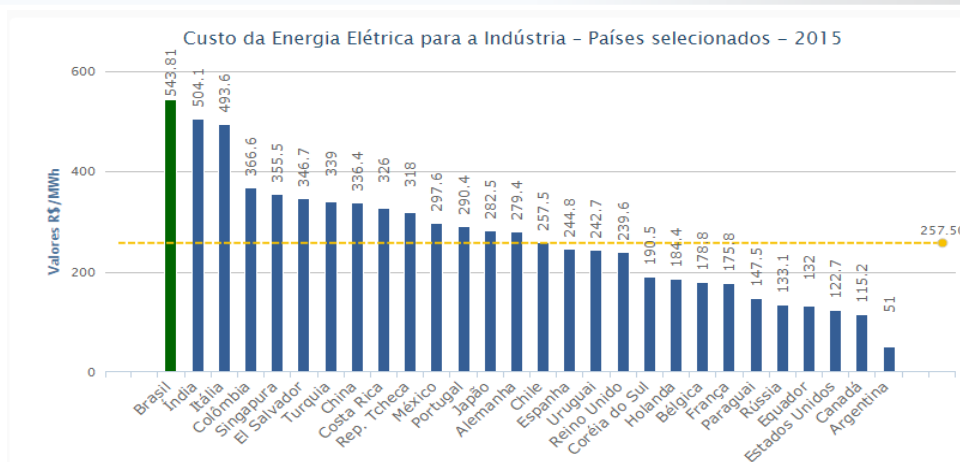


Figura 2 – Custo da energia elétrica para indústria, FIRJAN (2015)

Mediante o cenário internacional, a perspectiva da evolução futura do custo da energia elétrica implica em perda de competitividade das indústrias nacionais, logo, o país precisa continuar o esforço pela redução de custo energético. (FIRJAN, 2014).

Introna et al. (2014) sugere que uma alternativa para melhorar posições competitivas é a gestão de energia, pois seu uso criterioso e eficaz implicaria em redução de custo de energia e a maximização de lucro. O estudo de Lee e Cheng (2016) explica que a adoção do Sistema de Gestão de Energia (SGE) traz mais redução de consumo do que implantar medidas isoladas.

O gerenciamento eficaz da energia na indústria está frequentemente inserido num contexto específico, uma vez que depende de muitos fatores, como localização, design de produto e a escolha do processo. Portanto, pode ser difícil replicar soluções de economia de energia oriundos de um tipo de indústria para diferentes setores e/ou localização (BACKLUND et al., 2012; VIKHOREV; GREENOUGH; BROWN, 2013).

Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo identificar na literatura quais são as barreiras e os métodos de SGE que podem contribuir para a eficiência energética na indústria.

2. Método de pesquisa

Esta pesquisa, por tratar-se de um estudo teórico, caracteriza-se como exploratória e foi executada por meio de levantamento bibliográfico desenvolvido primordialmente em artigos recentes de periódicos internacionais e nacionais, acessados por meio das bases de dados do Portal de Periódicos da Capes, Scielo e Science Direct.

As etapas para o desenvolvimento do método foram a análise sistemática da literatura sobre eficiência energética (Figura 3), seleção dos artigos com métodos de gestão de energia elétrica, identificação das barreiras e etapas dos métodos e comparação entre os métodos selecionados.

Os termos utilizados referem-se a “Gestão de energia”, “Eficiência energética”, “Auditoria energética” e “Política energética”, sendo os correspondentes em inglês: “energy management”, “energy efficiency”, “energy audit” e “energy policy”. Para a base ScieceDirect foi utilizada a restrição: "energy management" AND "energy efficiency" AND “audit” AND “policy” AND “industry”, com pesquisa em qualquer parte do texto, período de 2011 até Fevereiro de 2016, excluído livros e citações. A busca retornou 419 resultados. Para a base Scielo, os termos foram “energy efficiency” e “industry”, com retorno de 8 resultados.

Para os periódicos da Capes, foram utilizados os mesmos critérios que o ScienceDirect, porém, sem resultados relevantes. Desta forma a restrição foi alterada para: "energy management"

AND "energy efficiency" AND "industry" com pesquisa em qualquer parte do texto, 2011 até Fevereiro de 2016. A busca retornou 903 resultados.

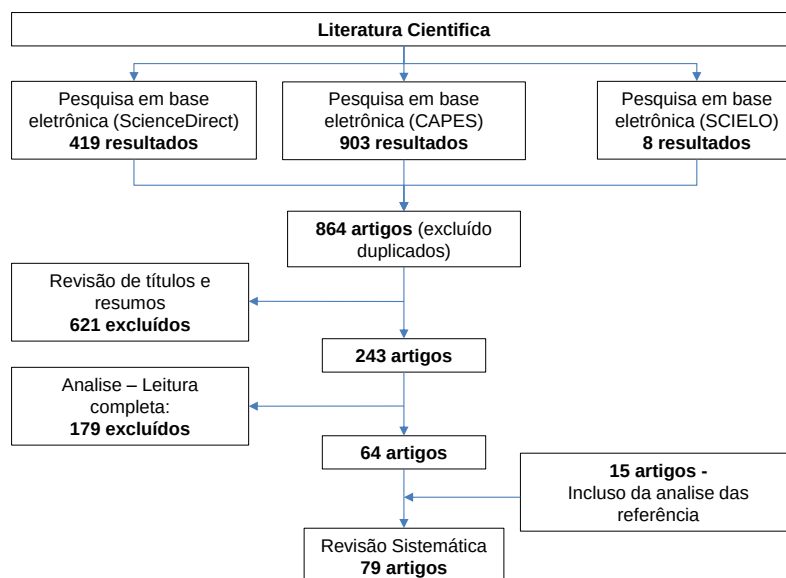


Figura 3 – Mapeamento da pesquisa sistemática, os Autores (2016)

Com a exclusão dos artigos duplicados, a leitura exploratória dos títulos e resumos eliminou 621 artigos. A leitura completa dos 243 restantes excluiu 179 destes. Através da verificação do referencial teórico relevante dos 64 artigos, adicionou-se mais 15, logo, totalizando 79 artigos para leitura.

3. Barreiras de implantação do SGE

Segundo Dörr, Wahren e Bauernhansl (2013), ainda existem empresas que não tem um SGE implantado ou uma melhoria contínua da eficiência energética. Vários estudos atribuem isso a inúmeras barreiras e lacunas entre as necessidades industriais e literatura científica. A pesquisa de Cagno e Trianni (2014) mostra que a literatura reconhece uma infinidade de barreiras de mudanças que afetam diferentes níveis da organização.

Há uma variedade de estudos que apresenta as barreiras de implantação da eficiência energética na indústria, diferentemente agrupados ou sistematizados (MARINS, 2010; SOLA, 2011; FLEITER; WORRELL; EICHHAMMER, 2011; CHAI; YEO, 2012; TRIANNI; CAGNO, 2012; FLEITER; SCHLEICH; RAVIVANPONG, 2012; CAGNO et al., 2013; CAGNO; TRIANNI, 2014; MEATH; LINNENLUECKE; GRIFFITHS, 2014; BRUNKE; JOHANSSON; THOLLANDER, 2014; BLASS et al., 2014; TRIANNI; CAGNO; FARNE, 2015; PARAMONOVA; THOLLANDER; OTTOSSON, 2015; SOLA; MOTA, 2015; CAGNO et al., 2015).

No entanto, o estudo de Cagno et al. (2013) expõe as principais barreiras de uma revisão abrangente, no qual foram definidas 27 barreiras à eficiência energética industrial, agrupadas em sete diferentes categorias: econômicas, organizacionais, tecnológicas, informação e conhecimento (Quadro 1). Em um estudo mais recente, Kindström, Ottosson e Thollander (2016) apresenta barreiras relacionadas a questões gerenciais e políticas de energia.

Trianni, Cagno e Farne (2015) realizaram um estudo voltado a barreiras para pequenas e médias empresas, no qual se evidenciaram os fatores de motivação apresentados por Trianni e Cagno

(2012) e reforçou-se a importância de uma correta auditoria energética e a especificação da política de energia empregada na empresa. Para Blass et al. (2014) a adoção de uma estratégia adequada e o comprometimento da alta gerência apresenta melhores índices de eficiência energética.

Categoria	Barreiras
Tecnologia	Tecnologia não adequada
	Tecnologia não disponível
Informação	Falta de informações de custos e benefícios
	Falta de clareza da informação dos equipamentos
	Pouca confiabilidade nas fontes de informação
Econômico	Baixa disponibilidade de capital
	Custos de investimentos
	Melhorias não suficiente lucrável
	Riscos de melhorias
	Custos ocultos
Comportamental	Outras prioridades
	Falta de compartilhamento de objetivos
	Falta de interesse em melhorias de eficiência energética
	Critério de avaliação não adequado
Organizacional	Inércia
	Falta de tempo
	Interesses divergentes
	Falta de controle interno
	Complexo fluxo de decisão
Competência	Baixo status de eficiência energética
	Implantação de melhorias
	Identificação de ineficiência
	Identificação de oportunidades
Conhecimento	Dificuldade de obter habilidades externas
	Falta de conhecimento

FONTE: Adaptado de Trianni, Cagno e Farne (2015)

Quadro 1 – Uma taxonomia para as barreiras à eficiência energética

Não obstante, a dificuldade de melhorar a eficiência energética na indústria também é devida à alta complexidade dos sistemas industriais de energia, sistemas produtivos e processos que diferem entre segmentos industriais. Devido a estas barreiras, há uma forte necessidade de uma abordagem metodológica para gerenciar o uso da energia na indústria (SCHULZE et al., 2016).

O estudo de Cagno et al. (2015) expõe que as melhorias com foco em eficiência energética na organização, depende de várias etapas que constituem a tomada de decisão. Se os tomadores de decisão da organização encontram estas barreiras, o progresso de investimento é adiado.

Apesar das barreiras apresentadas dificultar a eficiência energética, o custo da energia elétrica no Brasil se mostra um forte motivador para o redução de custo e aumento da competitividade da indústria. Trianni e Cagno (2012) apresentam diferentes fatores de motivação à eficiência energética (Quadro 2). Estes motivadores quando bem explorados podem ajudar no planejamento da implantação de um SGE, assim, superar as barreiras.

Categoria	Fatores
Regulatórios	Clareza da informação
	Eficiência devido a restrições legais
	Auditoria energética externa / medição setorizada
	Imagem verde
	Aumento das tarifas de energia
	Estratégia energética a longo prazo
	Vontade de competir
	Apelo tecnológico
	Confiabilidade de informações
	Acordos voluntários
Econômico	Redução de custos através da utilização de energia
	Informações sobre os custos reais
	Suporte de gestão
	Subsídios de investimento público ou Financiamento privado
Informativo	Disponibilidade de informações
	Conhecimento e ou Cooperação externa
	Conhecimento de benefícios não energéticos
	Gestão e Equipe com ambições reais
Treinamento	Programas de educação e treinamento
	Suporte técnico

FONTE: Adaptado de Cagno et al. (2015)

Quadro 2 – Fatores de motivação à eficiência energética

4. Sistema de Gestão de Energia Elétrica (SGE)

Segundo Javied et al. (2015) um SGE é uma abordagem sistemática e contínua de melhorias de energia sustentável que pode ser baseada em normas e guias em diferentes profundidades.

Para esta pesquisa, conforme norma ISO 50001:2011, referenciado pela ABNT (2011), considera-se que o SGE é uma aplicação estruturada de uma série de técnicas de gestão que permite a uma organização identificar e implantar ações, denominadas práticas de gestão.

Paranomova et al. (2015) afirma que as práticas de gestão de energia implicam em um trabalho contínuo, a fim de melhorar o nível da eficiência energética. Isto inclui tais aspectos, como: a obtenção de informações sobre os fluxos de energia, definição da estratégia energética, manter a consciência entre os funcionários e trabalho de melhoria contínua. Adicionalmente, Batista (2013) cita questões, como: contratação de energia, sistema tarifário, tecnologias, análises econômicas, integração de sistemas de tecnologia e informação.

Segundo Vikhorev et al. (2013), não se pode gerenciar o que não se mede, logo, a coleta de dados é fundamental para o SGE. Para a indústria, a auditoria de energia elétrica é o meio para o entendimento dos fluxos de eletricidade das edificações, sistemas produtivos ou processos.

O estudo de Backlund et al. (2012) apresenta que a coleta de dados e as respectivas análises pode gerar investimentos em novas tecnologias, mas, o controle contínuo destes dados pode detectar ineficiências e mau funcionamento de equipamentos. Desta forma, um sistema de medição ajuda a aperfeiçoar o SGE e avaliar o desempenho das tecnologias instaladas.

No entanto, o SGE vai além do monitoramento e das metas. A integração profunda entre fonte de consumo e pessoas deve ser entendida. Dados de consumo energia recolhidos a partir de todas as camadas da organização precisam ser correlacionados e avaliados em conjunto para desenvolver estratégias de eficiência energética. Isso requer padronização de técnicas de coleta de dados, preferencialmente contínuo com processamento de dados e sistema de visualização. A política de energia é a formalização dos procedimentos e métodos de monitoramento e metas (VIKHOREV et al., 2013).

Os meios de implantação da eficiência energética podem variar muito em termos de práticas e tecnologia. As organizações muitas vezes utilizam práticas de economia de energia com base na experiência do gerente da unidade e/ou dos colaboradores, enquanto outras podem empregar um SGE (ANTUNES et al., 2014).

Quando implantado, o SGE pode contribuir na identificação de potenciais economias de energia e reduzir consumos, estudos estimam potencial redução de custos de energia de até 20% para indústria. (TRUST, 2011; ANTUNES; CARREIRA; SILVA, 2014; CHIU; LO; TSAI, 2012; DÖRR; WAHREN; BAUERNHANS, 2013; JOVANOVIĆ; FILIPOVIĆ, 2015).

De acordo com Jovanović e Filipović (2015) diferentes padrões (normas e diretrizes) direcionam as organizações a melhorias em eficiência energética. Antunes et al. (2014) e Gopalakrishnan et al. (2014) mencionam padrões globais como a ISO 9001, ANSI/MSE 2000, DIN EN 16001 e a mais recente ISO 50001.

Frozza et al. (2012) descreve que a ISO 50001 é baseada no modelo PDCA – Plan/Do/Check/Act (Figura 4). Esta norma é estruturada com base em uma política energética, planejamento da melhoria, implantação e operação, verificação e análise crítica da respectiva melhoria pela direção onde implantado. Na fase verificação, sugere um sistema de monitoração ou medição e análises dos dados. Quanto a não conformidade, recomenda ação corretiva e preventiva e reinício do ciclo com a auditoria de energia. Além disto, Sola e Mota (2015) complementa que a organização deve assegurar às pessoas competência, treinamento e conscientização sobre o uso de energia, bem como desenvolver e manter um perfil de energia, que deve ser documentado.

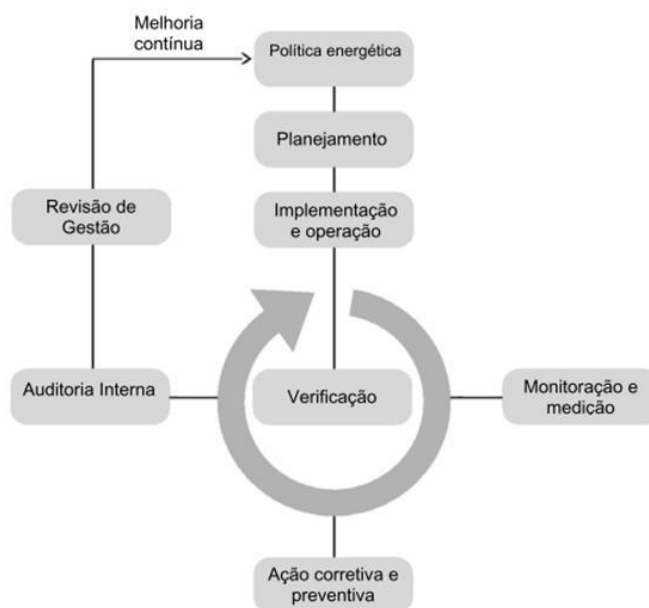


Figura 4 – Modelo de sistema de gestão de energia ISO 50001

Apesar da ISO 50001 apresentar um modelo de SGE, Chiu et al. (2012) relata que as organizações podem encontrar barreiras ao implantar o sistema de gestão de energia, como: integrar tecnologias, definições de indicadores, medidas de eficiência ou mesmo a certificação. Segundo Dörr et al. (2013), a descrição abstrata deixa espaço para diferentes interpretações, isso muitas vezes leva a desorientação, por vezes, é a causa da falha da implantação. Antunes et al. (2014) afirma que a norma não fornece diretrizes de planejamento para sua implantação de maneira incremental ao longo de um roteiro ou metodologia.

Autor	Ano de publicação	Relação à ISO 50001
Sobrinho (2011)	2011	NÃO
Godoi (2011)	2011	NÃO
Chiu et al. (2012)	2012	SIM
Ates, Durakbasa (2012)	2012	SIM
Giacone; Mancò (2012)	2012	NÃO
Frezza et al. (2012)	2012	SIM
Chai; Yeo (2012)	2012	NÃO
Ngai et al. (2013)	2013	SIM
Vikhorev et al. (2013)	2013	NÃO
Thiede et al. (2013)	2013	SIM
Dörr et al. (2013)	2013	NÃO
Introna et al. (2014)	2014	SIM
Antunes et al. (2014)	2014	SIM
Gopalakrishnan et al. (2014)	2014	SIM
Javied et al. (2015)	2015	NÃO
Jovanović; Filipović (2015)	2015	SIM
Schulze et al. (2016)	2016	NÃO

Fonte: O autor (2016)

Tabela 1 - Métodos de implantação do sistema de gestão de energia

No intuito de suprir as lacunas da ISO 50001, muitos autores propõem maturidade à norma. Outros autores não necessariamente baseiam-se no PDCA, mas, consideram características das barreiras e melhores práticas para seu propósito.

Com base na pesquisa do referencial teórico, verificou-se diferentes propostas de métodos de implantação do SGE. A fim de sistematizar a apresentação dos autores dos métodos (Tabela 1), as restrições utilizadas são o ano de publicação (2011 a 2016) e a relação à norma ISO 50001.

4. Conclusões

Por si, o custo da energia elétrica industrial no Brasil tem se demonstrado um fator relevante para as empresas implantarem medidas de eficiência energética. A redução de custos através da utilização de energia é um motivador apresentado da revisão bibliográfica. Dependendo do impacto que a energia elétrica traz na composição do valor do produto, o SGE se mostra como medida eficiente para reduções de custos.

Porém, a literatura mostra que há uma variedade de barreiras da implantação do SGE, pois envolve diversas áreas da corporação, políticas de gestão, conhecimento técnico, estrutura organizacional, cultural e recursos tecnológicos. A fim de superar as barreiras, diferentes métodos (dezoito) foram encontrados na literatura ao longo de 2011 a 2016. Com isto, verifica-se a importância e a relevância do assunto no meio acadêmico.

Os métodos em sua maioria trazem o ciclo PDCA e suas variações na busca da melhoria contínua, mas variam quanto à descrição de melhores práticas e verificação real para superar as barreiras. No entanto, os estudos mais recentes apontam que o comprometimento da alta gerência é fundamental para o sucesso da implantação e perpetuação do SGE.

A implantação do SGE pode ser utilizada como medida de aumento da competitividade na indústria Brasileira. A implantação do SGE é uma tarefa multidisciplinar dentro da organização, com diversas barreiras que devem ser superadas. O sucesso está atrelado ao comprometimento da alta gerência. Os custos de energia elétrica no Brasil se mostram elevados quando comparados com outros países emergentes, sendo um dos itens que dificulta a competição global. Dependendo do impacto deste custo no produto, o SGE pode ser utilizado como uma das principais medidas de redução de custos e aumento da competitividade. Diferentes métodos

de implantação são apresentados a fim de superar as barreiras, porém, variam quanto a descrição de melhores práticas e verificação em estudos de caso. O presente estudo contribui para o meio técnico para reforçar a importância de medidas de eficiência energética como sobrevivência no mercado global. Para o meio acadêmico complementando a literatura. Sugere-se como futuras pesquisas a comparação empírica dos métodos, a seleção e aplicação em um caso real.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *NBR ISO 50001:2011: Sistemas de Gestão de Energia - Requisitos com orientações para uso.* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2011.
- ANTUNES, P.; CARREIRA, P.; SILVA, M. M..** *Towards an energy management maturity model.* Energy Policy v. 73, p. 803–814, 2014.
- ATES, S. A.; DURAKBASA, N. M.** *Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey.* Energy v. 45, n. 1, p. 81–91, 2012.
- BACKLUND, S. et al.** *Extending the energy efficiency gap.* Energy Policy v. 51, p. 392–396, 2012.
- BATISTA, O. E.** *Redução do custo da energia elétrica em ambientes industriais por meio de uma estratégia de baixo custo em gestão energética gestão do conhecimento método baixo custo redução de custo.* 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- BCG - The Boston Consulting Group.** *Índice global de competitividade de custo de produção.* Disponível em: <https://www.bcgperspectives.com/content/interactive/lean_manufacturing_globalization_bcg_global_manufacturing_cost_competitiveness_index>.
- BLASS, Vered et al.** *Top management and the adoption of energy efficiency practices: Evidence from small and medium-sized manufacturing firms in the US.* Energy v. 65, p. 560–571, 2014.
- BRUNKE, J. C.; JOHANSSON, M.; THOLLANDER, P.** *Empirical investigation of barriers and drivers to the adoption of energy conservation measures, energy management practices and energy services in the Swedish iron and steel industry.* Journal of Cleaner Production v. 84, n. 1, p. 509–525, 2014.
- CAGNO et al.** *A novel approach for barriers to industrial energy efficiency.* Renewable and Sustainable Energy Reviews v. 19, p. 290–308, 2013.
- CAGNO, E.; TRIANNI, A.** *Evaluating the barriers to specific industrial energy efficiency measures: An exploratory study in small and medium-sized enterprises.* Journal of Cleaner Production v. 82, p. 70–83, 2014.
- CAGNO et al.** *Barriers and drivers for energy efficiency: Different perspectives from an exploratory study in the Netherlands.* Energy Conversion and Management v. 102, p. 26–38, 2015.
- CHAI, K. H.; YEO, C.** *Overcoming energy efficiency barriers through systems approach-A conceptual framework.* Energy Policy v. 46, p. 460–472, 2012.
- CHIU, Tsung-Yung; LO, Shang-Lien; TSAI, Yung-Yin.** *Establishing an Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy Management Systems.* Energies v. 5, n. 12, p. 5324–5339, 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1996-1073/5/12/5324/>>. Acesso em 10/04/16.
- DÖRR, M.; WAHREN, S.; BAUERNHANS, T.** *Methodology for energy efficiency on process level.* Procedia CIRP v. 7, p. 652–657, 2013.
- FIRJAN - Federação das indústrias do estado do Rio de Janeiro.** *Custo da energia elétrica industrial no Brasil.* Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/quantocustaenergia/>>. Acesso em: 31/07/2015.
- FIRJAN.** *Perspectivas do custo da energia elétrica para a indústria no Brasil em 2014 e 2015.* 1. ed. Rio de Janeiro: Sistema Firjan, 2014.
- FLEITER, T.; SCHLEICH, J.; RAVIVANPONG, P.** *Adoption of energy-efficiency measures in SMEs-An empirical analysis based on energy audit data from Germany.* Energy Policy v. 51, p. 863–875, 2012.
- FLEITER, T.; WORRELL, E.; EICHHAMMER, W.** *Barriers to energy efficiency in industrial bottom-up energy demand models - A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews v. 15, n. 6, p. 3099–3111, 2011.
- FROZZA et al.** *Metodologia de Implantação de um sistema de Gestão de Energia Utilizando ABNT NBR ISO*

50001. Congresso nacional de excelência em gestão, 2012.

GIACONE, E.; MANCÒ, S. *Energy efficiency measurement in industrial processes*. Energy v. 38, n. 1, p. 331–345, 2012.

GODOI, J. M. A. *Eficiência energética industrial: um modelo de governança de energia para a indústria sob requisitos de sustentabilidade*. 127 f. Dissertação (Mestrado Em Ciências) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GOPALAKRISHNAN et al. *A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector*. Sustainable Energy Technologies and Assessments v. 7, p. 154–165, 2014.

INTRONA et al. *Energy Management Maturity Model: An organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies*. Journal of Cleaner Production v. 83, p. 108–117, 2014.

JAVIED, T.; RACKOW, T.; FRANKE, J. *Implementing Energy Management System to Increase Energy Efficiency in Manufacturing Companies*. Procedia CIRP v. 26, p. 156–161, 2015.

JOVANOVIĆ, B.; FILIPOVIĆ, J. *ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry*. Journal of Cleaner Production v. 112, p. 2744–2755, 2015.

KINDSTRÖM, D.; OTTOSSON, M.; THOLLANDER, P. *Driving forces for and barriers to providing energy services—a study of local and regional energy companies in Sweden*. Energy Efficiency, 2016.

LEE, D.; CHENG, C. *Energy savings by energy management systems: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews v. 56, p. 760–777, 2016.

MARINS, D. *Transferência de Tecnologia para Gerenciar a Eficiência Energética na Indústria SGS Ltda*. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2010.

MEATH, C.; LINNENLUECKE, M.; GRIFFITHS, A. *Barriers and motivators to the adoption of energy savings measures for small- and medium-sized enterprises (SMEs): The case of the ClimateSmart Business Cluster program*. Journal of Cleaner Production v. 112, p. 3597–3604, 2014.

NGAI, E. W. T. et al. *Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process*. International Journal of Production Economics v. 146, n. 2, p. 453–464, 2013.

PARAMONOVA, S.; THOLLANDER, P.; OTTOSSON, M. *Quantifying the extended energy efficiency gap—evidence from Swedish electricity-intensive industries*. Renewable and Sustainable Energy Reviews v. 51, p. 472–483, 2015.

SCHULZE, M. et al. *Energy management in industry – a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework*. Journal of Cleaner Production v. 112, p. 3692–3708, 2016.

SIRKIN, H. L.; ZINSER, M.; ROSE, J. R. *The Shifting Economics of Global Manufacturing*. 1. ed. Boston: The Boston Consulting Group, 2014.

SOBRINHO, J. L. A. *Proposta de metodologia de gestão de energia elétrica no processo industrial*. 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, LACTEC, Curitiba, 2011.

SOLA, A. V. H. *Modelo de decisão multicritério para substituição de tecnologias em sistemas industriais aplicado ao uso eficiente de energia*. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

SOLA, A. V. H.; MOTA, C. M. M. *Melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes industriais*. Production v. 25, n. 3, p. 498–509, 2015.

THIEDE, S. et al. *SME appropriate concept for continuously improving the energy and resource efficiency in manufacturing companies*. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology v. 6, p. 204–211, 2013.

THOLLANDER, P.; et al. *A review of industrial energy and climate policies in Japan and Sweden with emphasis towards SMEs*. Renewable and Sustainable Energy Reviews v. 50, p. 504–512, 2015.

TRIANNI, A.; CAGNO, E. *Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: Some empirical evidences*. Energy v. 37, n. 1, p. 494–504, 2012.

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 v. 162, p.

1537–1551, 2015.

TRUST, C. *Energy Management*. 1. ed. London: Carbon Trust, 2011.

VIKHOREV, K.; GREENOUGH, R.; BROWN, N. *An advanced energy management framework to promote energy awareness*. *Journal of Cleaner Production* v. 43, p. 103–112, 2013.