



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PIRÂMIDE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM LATICÍNIO

Natalia Faria Silva, nat.faria@yahoo.com.br¹

Pedro Magalhães Sobrinho, pmsobrinho@terra.com.br¹

José Luz Silveira, joseluz@feg.unesp.br¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - câmpus de Guaratinguetá, Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Portal das Colinas, 12.516-410 - Guaratinguetá, S.P

Resumo: Neste trabalho é proposto um modelo metodológico que permite melhorar o desempenho energético através da implementação de medidas de eficiência energética. O modelo é fundamentado em quatro níveis de atuação e foi desenvolvido mediante uma revisão do estado da arte no Brasil e no mundo de aspectos referentes a eficiência energética. A estrutura da metodologia, denominada pirâmide de conservação de energia, foi desenvolvida sob o conceito de melhoria contínua e está baseado nas melhores práticas para alcançar a excelência energética adotado em países desenvolvidos como Estados Unidos, Canadá e Alemanha. Um estudo de caso em uma indústria de laticínio foi realizado para mostrar a aplicabilidade e eficácia do método proposto. O estudo detalhou as diversas possibilidades para reduzir as irreversibilidades dos sistemas energéticos dessa indústria e apresentou propostas técnicas e economicamente viáveis de melhoria da eficiência no uso da energia. Os resultados apresentados mostram que a adoção de medidas de eficiência energética reduz os custos, melhora as condições operacionais e tem impacto positivamente sobre o meio ambiente.

Palavras-chave: eficiência energética, conservação de energia, energia, laticínio.

1. INTRODUÇÃO

Eficiência energética é um conceito utilizado pelos setores industriais, comerciais e residenciais para alcançar uma redução no consumo de energia elétrica, água e combustível para produzir uma unidade de produto/serviço sem alterar sua qualidade e produtividade. Os projetos de eficiência energética e o uso de tecnologias energéticas inovadoras desempenham um papel importante na melhoria da segurança energética, do desempenho econômico e da sustentabilidade ambiental.

É estratégico para o Brasil, investir em eficiência energética como opção à oferta de energia, comparadas às outras opções de expansão para atender a demanda de energia, segundo Brasil (2007), pois é a que menos agride o meio ambiente, gera empregos e tem-se uma expectativa crescente do aumento da sua competitividade. Para Santos *et. al.* (2013) os programas e políticas de eficiência energética se apresentam como ferramentas importantes para reduzir as emissões de dióxido de carbono e possíveis alterações climáticas, assim como colaboram na contenção do consumo de energia e de recursos energéticos mundiais.

No cenário atual de oferta de energia, seja no Brasil ou nos demais países, Camacho (2009) aponta que restrições de ordem financeira e ambiental se associam de modo a aumentar os custos dos energéticos e formam perspectivas preocupantes de descompasso entre as disponibilidades e as demandas energéticas, ressaltando a importância da eficiência energética.

Este trabalho apresenta os desafios encontrados para a implementação da eficiência energética no setor industrial, a metodologia que facilitará as organizações a implementar ações de eficiência energética em seus processos produtivos e o estudo de caso em um laticínio para mostrar a eficácia da metodologia proposta. Os resultados da aplicação da metodologia de eficiência energética em uma indústria de laticínio mostram que a adoção de medidas de eficiência energética reduz os custos, melhora as condições operacionais e tem impacto positivo sobre o meio ambiente.

2. DESAFIOS PARA IMPLEMENTAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL

Segundo Sola *et. al.* (2011), a implementação de medidas de eficiência energética que são tecnicamente exequível e economicamente viáveis podem contribuir significativamente para a conservação de energia e redução de custos. Nem sempre essas ações são realizadas de forma espontânea. Para Weber (1997) há impedimentos para adoção de medidas de eficiência energética que não são apresentados nos cálculos de investimento e que dificultam a exploração exaustiva do seu potencial de economia. E DeCanio (1998) afirma que a teoria econômica por si só não pode explicar o fenômeno contraditório da eficiência devido as barreiras internas nas organizações ligadas à área de tomada de decisão.

Investir em ações de eficiência energética contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa, aumenta a vida útil de equipamentos, simplifica operações e reduz riscos de indisponibilidade. O trabalho publicado por CEBDS (2014) mostra que apesar dos benefícios dessas ações, a sua viabilidade ainda é difícil, seja por questões internas às companhias como por questões relacionadas as instituições financeiras.

Por questões internas à companhia entende-se como um conjunto de fatores que compete com investimentos em eficiência energética tais como:

- investimento em eficiência energética concorre com investimento na produção;
- ausência de uma política de gestão energética;
- falta de capacitação técnica para identificar oportunidades e propor soluções;
- a tecnologia é um fator de competição e não está livremente disponível;
- energia é custo e não um fator de resultados;
- falta de uma política, diretrizes e metas energéticas;
- ausência de indicadores de desempenho energético;
- pouco conhecimento sobre os benefícios da eficiência energética e quais estratégias para atingi-las, e
- aversão a riscos técnicos decorrentes de tecnologias mais eficientes.

E, quanto as principais barreiras internas às instituições financeiras, pode-se citar:

- elevada percepção de risco do projeto;
- elevado custo de transação para avaliação e financiamento dos projetos comparados aos outros produtos da instituição financeira;
- recuo a instrumentos e modelos de contrato (garantias, performances);
- ausência de instrumentos que potencializam os ganhos econômicos do projeto, e
- eficiência energética é vista como racionamento e não como produtividade e competitividade.

A Tabela 1 apresenta uma relação dos principais mecanismos de fomento a eficiência energética, apontados no trabalho publicado por Brasil (2007), que vem sendo propostos e utilizados no Brasil e em diversos países e visam três ações básicas: informar ou capacitar, induzir ou impor a utilização de equipamentos, processos e infraestrutura mais eficientes e substituição energética:

Tabela 1: PNE 2030 - Mecanismos de fomento à eficiência energética por Brasil (2007).

Mecanismos	Perfil
Informação a Consumidores	
Divulgação de informações	Comportamental
Cursos de Capacitação	Comportamental
Oferecimento de disciplinas	Comportamental
Introdução de Equipamentos Eficientes	
Doações de equipamentos eficientes	Tecnológica
Estabelecimento de padrões comparativos de desempenho energético (selo, etiqueta)	Tecnológica
Estudos e Implementação de Projetos	
Realização de auditoria energética	Tecnológica e Comportamental
Otimização da gestão energética	Tecnológica e Comportamental
Realização de contratos de performance com ESCO's	Tecnológica
Mecanismos Legais, Fiscais e Creditícios	
Exigência de níveis mínimos de eficiências obrigatórios para equipamentos, edifícios e veículos.	Tecnológica
Tributação reduzida para produtos eficientes	Tecnológica
Facilidade de crédito para substituição de equipamentos	Tecnológica
Facilidade de crédito para substituição entre energéticos	Tecnológica

Alguns mecanismos de fomento a eficiência energética capazes de superar as barreiras para inseri-la no Brasil estão apresentados no Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) que os classifica em tecnológicos e comportamentais. Segundo o trabalho publicado por Brasil (2007), tecnológico implica na implementação de novos processos e na utilização de equipamentos mais eficientes; e comportamental no qual mudanças de hábitos e padrões de utilização reduz o consumo energético sem necessidade de modificar o parque de equipamentos conversores de energia. Esta classificação é sobretudo em vista de que mudanças de processos ou de equipamento requerem investimentos e estratégias bem diferenciadas dos processos de mudanças de hábitos e padrões de utilização.

No Brasil, apesar do histórico de programas de fomento a eficiência energética (PROCEL, PBE, PEE e a Lei de Eficiência Energética) e linhas de financiamento específicas, o Brasil apresenta menores índices de eficiência energética quando comparado com as principais economias do mundo. Um estudo sobre eficiência energética publicado pelo Conselho Americano para uma Economia com mais Eficiência Energética, ACEEE (2014), o Brasil aparece na 15ª posição entre as 16 maiores economias do mundo. Estas economias globais representam mais de 81% do PIB mundial, 71% do consumo mundial de energia e 79% das emissões globais de dióxido de carbono equivalente. A Figura 1 apresenta o ranking geral dos países que mais investem em eficiência energética:

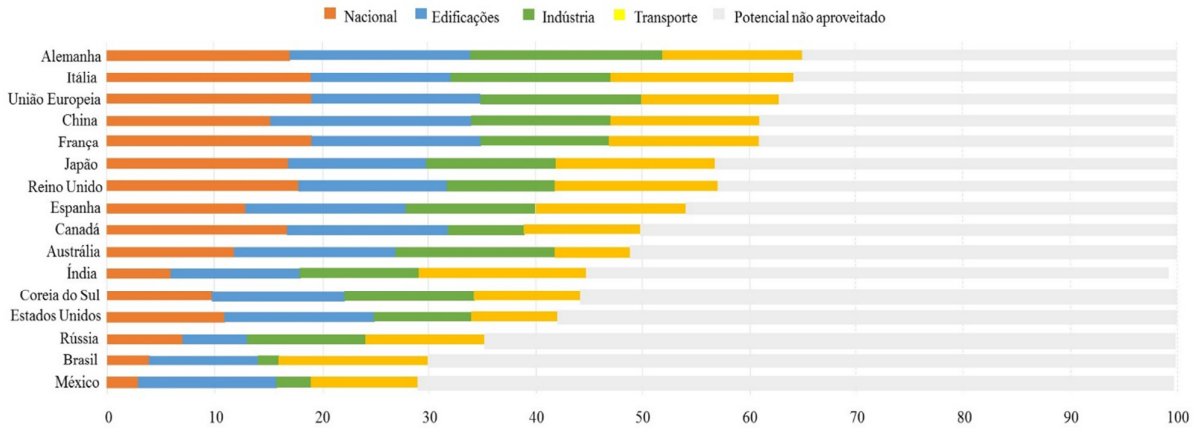


Figura 1: Pontuação dos países por segmento analisado por ACEEE (2014).

Existe uma margem substancial para melhoria da eficiência energética em todos os países avaliados. O Brasil foi o país que teve a menor pontuação no setor industrial e isso mostra o potencial de conservação de energia que existe no país para este setor especificamente, e apresenta um cenário preocupante, uma vez que a eficiência energética apresenta um potencial de economia de recursos naturais, financeiros e retarda a expansão da oferta de energia como forma de atendimento à demanda.

3. METODOLOGIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A metodologia foi desenvolvida para estruturar o processo de implantação e acompanhamento de um programa corporativo de eficiência energética nos setores industriais. Tem como objetivo servir de instrumento de gestão estratégica dos energéticos, tornar mais eficientes sua utilização, alcançar a sustentabilidade das operações e diminuir os custos operacionais da empresa.

Gerir a energia, Oliveira (2004) compreende que é administrá-la estrategicamente, de forma que o processo de administrar seja sustentado por uma estrutura metodológica. Esta estrutura estabelece a melhor direção a ser seguida visando a interação com o meio ambiente em um grau otimizado e atuando de forma diferenciada e inovadora.

A metodologia proposta visa trabalhar o tema eficiência energética em quatro níveis de atuação que irão nortear e sistematizar ações, mediante o uso de ferramentas, que facilite a implementação de medidas de eficiência energética e promova o desenvolvimento do conceito de melhoria contínua nos processos. O modelo conceitual do funcionamento do programa de eficiência energética está representado na Fig. 2:

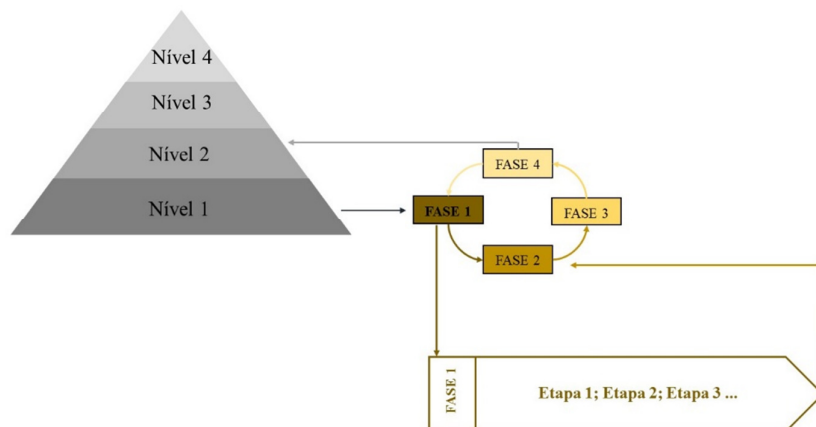


Figura 2: Modelo conceitual da metodologia de eficiência energética de SILVA (2016).

O objetivo da metodologia é explorar ao máximo todas as possíveis alternativas para alcançar a melhoria de desempenho energético em cada nível, com base no conceito de melhoria contínua. A Figura 3 mostra a estrutura da metodologia, representado por uma pirâmide de conservação de energia, que define os quatro níveis de atuação:

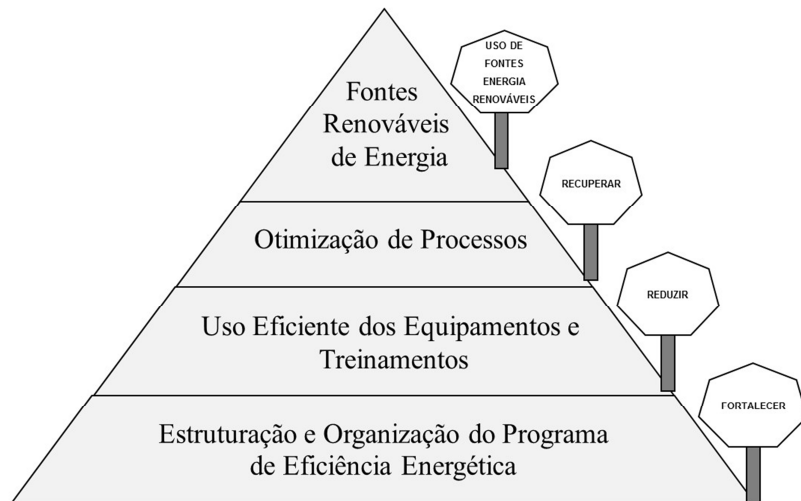


Figura 3: Representação da estrutura da metodologia proposta para auxiliar na implementação de medidas de eficiência energética no setor industrial por SILVA (2016).

O nível 1, Estruturação e Organização do Programa de Eficiência Energética, tem como objetivo fortalecer o programa através da criação de uma estrutura mínima de funcionamento. Nesta fase é necessário que a direção formalize seu comprometimento e apoio em prol da melhoria contínua de desempenho energético, garanta a disponibilidade de informações e recursos (humanos, materiais e financeiros) necessários para atingir os objetivos e metas, desenvolva e revise, sempre que necessário, os objetivos estabelecidos quanto ao uso e consumo da energia. As ações que contemplam este nível são abordadas na Tab. 2 indicadas por Silva (2016):

Tabela 2: Ações que contemplam a base da pirâmide de conservação de energia.

NÍVEL 1	Comentários
Definição da política energética	Comprometimento da organização para atingir a melhoria do desempenho energético.
Criação do comitê de energia (CICE).	Representantes de diversas áreas.
Treinamento de colaboradores.	Treinamento para a gerência de energia.
Identificar os insumos energéticos na sua forma bruta.	Energia elétrica, água, combustível, etc.
Identificar as formas de energia utilizadas.	Vapor de processo, ar comprimido, energia elétrica para iluminação e motores, etc.
Identificar parâmetros de controle.	Estabelecer os consumos específicos.
Estabelecer metas de redução de consumo.	Com base nos parâmetro de controle pré-estabelecidos através de benchmarking, históricos de consumo, etc.
Estabelecer sistemas de medição.	Para acompanhar a evolução do programa.
Comunicação.	Comunicar as atividades, resultados e promover campanhas para o uso eficiente de energia.

O segundo nível da pirâmide de conservação de energia, Uso Eficiente dos Equipamentos e Treinamentos, é a base de qualquer projeto de otimização energética. Nesta fase o objetivo é reduzir o consumo de energia através das melhores práticas em eficiência energética e treinamento de pessoal. As atividades (fases) que devem ser executadas neste nível, sugeridas por Silva (2016), estão resumidas na Tab. 3:

Tabela 3: Sequência de atividades a serem realizadas no nível 2 da metodologia.

NÍVEL 2	Comentários
Diagnóstico energético.	Identificar uso e consumo de energia. Identificar áreas de uso significativo de energia. Identificar, priorizar e registrar oportunidades de melhoria. Analisar os dados e informações coletadas. Apresentar o relatório da auditoria.
Definir plano de ação.	Planejar a implementação das ações de melhoria
Utilização dos equipamentos com base nos seus princípios de funcionamento: Transferência de Calor, Mecânica dos Fluidos, Termodinâmica, Leis da Física, etc.	Maximizar a eficiência dos equipamentos.
Padronização de procedimentos.	Equipamentos e processos sejam operados de forma padronizada.
Eliminar desperdícios.	Identificar falhas de isolamento, vazamentos, etc.
Manutenção preventivas e preditivas.	Evitar paradas nos processos e diminuição da vida útil dos equipamentos.
Substituição de equipamentos.	Trocar equipamentos antigos por modelos mais eficientes.
Alterar sequência de operações.	Eliminar etapas desnecessárias, diminuir estoques, diminuir o tempo de produção, etc.

O terceiro nível da pirâmide é a Otimização de Processos cujo objetivo é recuperar a energia utilizada. Compreende em ações para maximizar o uso da energia ou minimizar custos operacionais, como por exemplo, a implantação de sistema de cogeração e recuperação de calor residual de processos em outros processos. É o emprego das técnicas de otimização para selecionar as melhores alternativas de utilização da energia. A Tabela 4 sintetiza as ações de otimização de processos mencionadas por Silva (2016):

Tabela 4: Medidas de eficiência energética a serem adotadas no nível 3.

NÍVEL 3	Comentários
Cogeração.	Processo e utilização combinada de calor e eletricidade a partir da queima de um único combustível.
Recuperação de calor residual.	Aproveitar a energia térmica de um processo em outro processo.
Eficiência na geração de calor e frio.	Maximizar a geração de energia térmica.
Eficiência nas etapas de produção.	Maximizar a sequência de operações para fabricação de um determinado produto.
Biomassa.	Utilização da biomassa como combustível para geração de energia térmica e elétrica.

O quarto nível estão as Fontes de Energia Renováveis, é o topo da pirâmide e representa o nível de excelência em eficiência energética. O uso de energias renováveis é o caminho mais sustentável para o suprimento de energia nas operações da empresa. Na Tabela 5, tem-se exemplos de alguns tipos de fontes renováveis de energia como mostra o trabalho de Silva (2016):

Tabela 5: Medidas de eficiência energética a serem adotadas no nível 4.

NÍVEL 4	Comentários
Energia solar.	Transformação energia proveniente do sol em energia térmica e elétrica.
Energia eólica.	Energia oriunda do vento em eletricidade.

As medidas para incremento do desempenho devem levar em conta os diferentes níveis de intervenção, particularmente aqueles associados às causas mencionadas acima e na extensão possível, articular ações que combinem e potencializem os resultados na direção da eficiência energética. Por exemplo, a difusão de equipamentos mais eficientes não exclui recomendar sua utilização da forma mais eficiente, ou seja, reduzir sua operação de forma indevida.

4. ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIO

Para ilustrar a aplicabilidade da metodologia proposta, foi realizado um estudo de caso em uma indústria de laticínio. Para o estudo de caso, foram realizadas visitas técnicas às instalações de uma cooperativa de laticínio e coletadas informações sobre o funcionamento dos seus processos produtivos. Na ausência de dados, foram obtidos na literatura informações para complementar a análise. As informações serviram de base para simular a aplicabilidade da metodologia e os resultados das ações, indicadas em cada nível, serão mostradas a seguir.

4.1. Nível 1: Estruturação e Organização do Programa

Com o propósito de melhorar o desempenho energético de uma indústria de laticínio através da implementação de ações de eficiência energética, é necessário criar uma estrutura mínima de apoio que garanta a funcionalidade de um programa de eficiência energética. Essa estrutura de apoio deve estar alicerçada em uma política energética. Neste caso, a definição da política energética assenta-se em dois pilares fundamentais, a racionalidade econômica e a sustentabilidade, indicando para isso medidas de eficiência energética, utilização de energias renováveis e a necessidade de reduzir custos, sem comprometer a competitividade da cooperativa de laticínio e nem a qualidade de trabalho dos seus membros. Para planejar estrategicamente as atividades do programa de eficiência energética, segundo as diretrizes da política energética, foi estabelecida metas de redução do consumo de energéticos. Atualmente o consumo específico é de 0,271 kWh/litro de leite processado e espera-se alcançar 0,13 kWh/litro de leite processado valor típico de instalações modernas.

4.2. Nível 2: Uso Eficiente de Equipamentos e Treinamentos

A primeira fase do nível 2 é a realização do diagnóstico energético. Nesta fase foi possível identificar as características do uso e consumo dos energéticos da cooperativa e, através da análise das informações coletadas, apresentar soluções para melhorar o desempenho energético da instalação, reduzir as emissões de gases de efeito estufa, minimizar os impactos causados no meio ambiente, reduzir custos operacionais e fazer uso eficiente de recursos energéticos. As informações da unidade foram obtidas através da auditoria energética realizada na cooperativa de laticínio que consistiu em verificar a produção de energia térmica e energia elétrica. Nesta fase, foi possível conhecer a instalação, identificar, quantificar e levantar o potencial de economia de energia elétrica, água e combustível. A auditoria compreendeu-se nas seguintes etapas:

- preparação da auditoria;
- intervenção no local da instalação a auditar, e
- tratamento da informação recolhida nas duas primeiras fases.

4.2.1. Caracterização dos Sistemas Energéticos do Laticínio: Gerador de Vapor, Sistema de Refrigeração e Sistema de Iluminação

A análise energética foi centrada na geração de vapor, água gelada e iluminação, de forma a identificar o desempenho energético atual destes sistemas e propor medidas de efficientização energéticas. A produção de vapor é obtida de um gerador de vapor com capacidade nominal de 2000 kg/h e 1000 kg/h de vapor saturado, respectivamente fabricados em 1986. A produção de água gelada é obtida por um sistema de refrigeração por compressão de vapor

composto por três compressores que operam em média de 600 h/mês, 500 h/mês e 70 h/mês. O fluido de trabalho é a amônia. Ambos sistemas alimentam diversos processos entre eles o setor de beneficiamento do leite onde ocorre as operações de pasteurização, homogeneização e padronização. E o sistema de iluminação, que possibilita que as atividades da cooperativa sejam executadas em locais com pouca ou ausência de iluminação natural. Os processos produtivos englobam diversas operações e atividades que variam de acordo como os produtos a serem obtidos. A Figura 4 apresenta, de forma simplificada, as operações fundamentais e comuns a todos os processos de produtos lácteos:

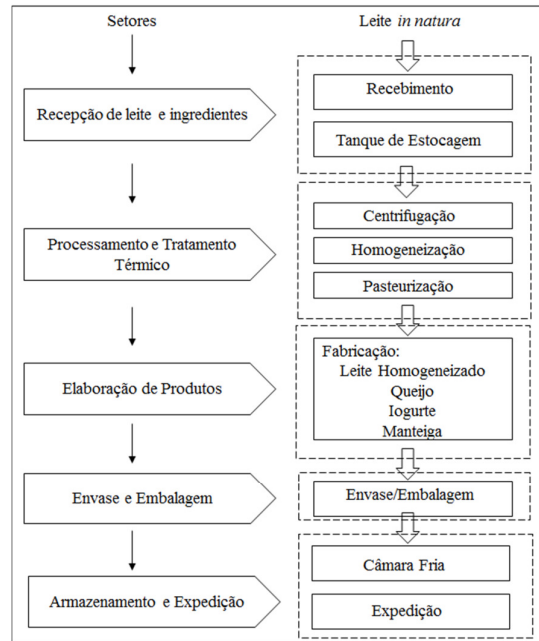


Figura 4: Etapas genéricas da indústria de derivados lácteos de SILVA (2016).

As caldeiras produzem vapor saturado a 0,4 MPa e operam no máximo com 80% da sua capacidade. As caldeiras consomem 150 kg/h e 75 kg/h de óleo combustível para produção de 1600 kg/h e 800 kg/h de vapor saturado, respectivamente. A água de alimentação entra a uma temperatura de 40°C e é bombeada para o interior da caldeira a uma pressão de 0,4 MPa. O ar de entrada na câmara de combustão não é pré-aquecido e a temperatura média dos gases de exaustão é de 210°C. Operam cerca de 400 e 100 horas por mês.

O sistema de refrigeração por compressão é responsável por fornecer água gelada a 1°C para a pasteurização, processos e câmaras frias. Esta instalação possui:

- 02 bancos de gelo de 35.000 litros, responsáveis por fornecer 30 m³/h água gelada para resfriar o leite que chega no laticínio e para o processo de pasteurização.
- 01 banco de gelo de 35.000 litros, responsável por fornecer uma vazão de 12 m³/h de água gelada aos tanques de processos de derivados lácteos;

Para operar estes equipamentos têm-se:

- 02 compressores, motor de 60 cv, capacidade geração de 125.000 kcal/h e 85.000 kcal/h e operam cerca de 600 e 500 horas por mês respectivamente;
- 01 compressor, motor de 50 cv, capacidade geração de 112.000 kcal/h e opera em média 70 horas por mês;
- 02 bombas, ligadas em paralelo, que distribuem água gelada para os processos.
- 03 agitadores responsáveis pela circulação da água nos tanques de gelo.

Para a produção de água gelada, utilizam-se bancos de gelo: uma serpentina com amônia evaporando a -10°C imersa em um tanque de água. O banco de gelo permite a termoacumulação de gelo em torno da serpentina. Esse sistema visa garantir o fluxo de água a 1°C a ser disponibilizado para fábrica.

Para a análise do consumo de energia elétrica do sistema de iluminação do laticínio foi realizado um levantamento da quantidade e tipo de lâmpadas em cada recinto da fábrica, bem como das características do local, através do levantamento dos dados:

- características e quantidade de lâmpadas utilizadas no laticínio;
- tempo e período que permanecem ligadas;
- hábitos de uso;
- características do ambiente;
- rotinas de limpeza em janelas e luminárias, e
- nível de detalhamento das atividades realizadas no local.

No laticínio, aproximadamente 81% das lâmpadas existentes são do tipo fluorescente tubular e 19% composto por lâmpadas tipo econômica.

4.3. Nível 3: Otimização de Processos e Nível 4: Uso de Fontes Renováveis de Energia

A cooperativa faz tratamento anaeróbico dos seus efluentes e como resultado é gerado biogás, combustível lançado na atmosfera. Propõem-se o uso do biogás produzido no laticínio para atender parcialmente a demanda de água gelada e agregar mais melhorias as medidas sugeridas no nível 2 para o sistema de refrigeração. Essa proposta visa otimizar o processo de produção de água gelada – minimizar custos operacionais do sistema de refrigeração por compressão de vapor através de um sistema de refrigeração por absorção. A vazão dos gases, oriundo da queima do biogás, aciona o sistema de absorção para produzir a demanda de 30 m³/h de água gelada a 1°C. Na cooperativa, a produção média de biogás é de 32 Nm³/h.

O nível 4 é o topo da pirâmide de conservação de energia, pirâmide que configura o método proposto neste trabalho para auxiliar na implantação de medidas de eficiência energética. Para Painuly (2001), a falta de compreensão e interpretação errônea dos benefícios e riscos no uso de tecnologias renováveis terem sido identificadas como uma barreira para sua adoção, o uso de fontes renováveis de energia é o caminho mais sustentável para alcançar a excelência energética. A proposta para este nível de intervenção é a simulação (pré-dimensionamento) de um sistema de geração de energia solar (off-grid) para atender a demanda parcial de energia elétrica do horário de pico do laticínio. Os sistemas isolados, também conhecidos como autônomos ou off-grid são caracterizados por não se conectarem à rede elétrica. O sistema abastece um banco de baterias que armazenam energia e disponibiliza no período em que não há radiação solar.

5. RESULTADOS

Para o sistema de geração de vapor foi proposto a substituição dos geradores de vapor por caldeiras novas devido a eficiência térmica de 67,35%, cujo valor, segundo Nogueira (2205), deve situar na faixa entre 75% a 78% nas melhores condições de limpeza para caldeiras flamotubulares; o uso de óleo combustível que, quando queimado, produz enxofre uma substância tóxica, corrosiva e poluente, apontado no trabalho publicado por PNAEE (2010) e a falta de manutenções preventivas em que dificilmente é realizada a abertura dos geradores para inspeção no interior e limpeza dos tubos, reparação de fugas, teste de combustão, controle das emissões de gases de exaustão e controle de temperatura.

Para o sistema de refrigeração foi proposto a substituição de dois bancos de gelo de 30 m³/h e 12 m³/h por um chiller de 82 m³/h de água gelada a 1°C e a substituição de um banco de gelo que fornece uma vazão de água gelada de 30 m³/h por um sistema de refrigeração por absorção para atender a mesma demanda. A vazão do chiller foi dimensionada para atender a produção caso haja necessidade de manutenção do sistema de absorção.

O sistema de iluminação foi proposto um sistema do tipo retrofit sem que seja necessário refazer as instalações elétrica já existentes. Serão substituídas as lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas mais eficientes, de tecnologia Led, e que sejam equivalentes nas dimensões para que possam ser reaproveitadas as luminárias. E como sugestão para diminuir o consumo de energia elétrica no horário de pico foi dimensionado um sistema fotovoltaico, tipo off-grid, para atender metade da demanda de energia elétrica consumida entre as 18hs e 21hs.

Assim, os resultados das ações de eficiência energética proposta para a cooperativa melhorar o desempenho energético dos equipamentos e processos produtivos estão apresentados na Tab. 6:

Tabela 6: Resumo das oportunidades de efficientização energética identificadas na cooperativa.

Sistema	Consumo Atual [kWh/mês]	Consumo Proposto [kWh/mês]	Economia [kWh/mês]	Investimento [R\$]
* Sistema de Geração de Vapor	765.435,90	571.355,60	194.080,40	370.000,00
Sistema de Refrigeração	64.289,60	24.553,16	39.736,44	620.150,00
Sistema de Iluminação	3.951	1.082	2.869	33.800
Uso de Fontes Renováveis	13.000	6.500	6.500	1.449.590,49

* kWh/mês de combustível

Além das medidas de eficiência energéticas acima mencionadas, foi proposto a adoção de boas práticas de eficiência energética para manter elevado o desempenho energético dos sistemas. Por isso, é importante que neste nível da metodologia os operadores recebam treinamento para alterar hábitos operacionais, realizar o monitoramento e avaliar a necessidade de medidas preventivas e corretivas.

As medidas de efficientização projetadas neste trabalho apresenta um potencial de redução de emissão de carbono equivalente. O fator de emissão utilizado para os cálculos de emissão de dióxido de carbono foi de 0,05687 tCO₂/MWh

e representa a produção média a cada 1MWh na geração de eletricidade em uma usina hidrelétrica. A Tabela 7 mostra o potencial de redução de emissão de carbono equivalente para cada medida de eficiência energética apresentada:

Tabela 7: Quantidade de carbono equivalente para cada sistema analisado.

Sistema	Carbono Equivalente [ton]
Sistema de Geração de Vapor	96,14
Sistema de Refrigeração	2,260
Sistema de Iluminação	0,1632
Uso de Fontes Renováveis	0,370
Carbono Equivalente Total	98,93

6. CONCLUSÃO

O propósito deste trabalho foi sensibilizar os responsáveis técnicos e gestores de empresas quanto aos benefícios que podem advir de práticas de uma utilização racional de energia ou maior eficiência energética na planta industrial através da aplicação da metodologia de auxílio a implementação de ações de eficiência energética. Fazendo uma correlação entre os resultados das medidas sugeridas com as diretrizes da política energética proposta têm-se:

- reduzir as emissões dos gases de efeito estufa de forma sustentável: foram evitadas cerca de 96,14 toneladas de CO₂ e 2,79 toneladas equivalentes de carbono por mês, valor significativo do ponto de vista ambiental e sustentável;
- aumentar a eficiência energética das atividades produtivas da cooperativa, contribuindo para redução de custos operacionais e o uso eficiente dos recursos: as condições operacionais dos sistemas de geração de vapor e produção de água gelada foi melhorada e, conseqüentemente, os sistemas apresentaram aumento no desempenho energético. O indicador de desempenho energético mensal foi de 0,271 kWh/litro de leite processado para 0,193 kWh/litro de leite processado, próximo a meta estabelecida de 0,13 kWh/litro de leite processado. Isso indica que mais ações devem ser tomadas a fim de se alcançar um maior desempenho energético, como por exemplo, analisar o desempenho do sistema de força motriz.
- ser sustentável através de maneiras inovadoras de eliminar ou minimizar os eventuais impactos causados no meio ambiente pelas suas atividades produtivas: através de campanhas educativas, treinamento dos colaboradores, participação de toda a empresa na busca da forma mais eficaz e sustentável de operacionalizar os equipamentos, processos e sistemas.
- busca contínua de melhores resultados na utilização dos recursos energéticos: água, energia elétrica e combustíveis e de excelência nas operações: através da implantação do conceito de melhoria continua foi possível alcançar as metas estabelecidas e eliminar as causas que as impedem de serem atingidas.

Conclui-se que a metodologia proposta neste trabalho é viável e aplica-se em diversos setores industriais de pequeno, médio e grande porte, em especial as indústrias de laticínios. Pode-se ainda concluir que a energia é o principal insumo para assegurar o desenvolvimento econômico e social do país. A sua racionalização traz medidas que impactam positivamente o meio ambiente.

7. REFERÊNCIAS

- ACEEE - American Council for a Energy-Efficient Economy, 2014, “The 2014 International Energy Efficiency Scorecard”, Report Number E1402, 104 f. Disponível em: <<http://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/e1402.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia, 2007, “Plano Nacional de Energia 2030 – Eficiência Energética”, Ministério de Minas e Energia ; colaboração Empresa de Pesquisa Energética, Brasília: MME : EPE, 244 p., Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_11.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- Camacho, M. A. G, 2009, “Modelo para implantação e acompanhamento de programa corporativo de gestão de energia”, 176 f., Dissertação (Mestrado em Processamento de Energia) - Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/dissertacao_mario_camacho.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, 2014, “Destruindo o financiamento à eficiência energética no Brasil: soluções financeiras e não-financeiras para os agentes do Mercado”, Rio de Janeiro, 36 p. Disponível em: <http://cebds.org/wp-content/uploads/2014/12/Copclima-2014_Port_com-capa.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2015.

- DeCanio, S. J., 1998, "The efficiency paradox: bureaucratic and organizational barriers to profitable energy-saving investments", *Energy Policy*, USA, Vol. 26, No. 5, pp. 441–454. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421597001523>>. Acesso em: 22 dez. 2015.
- Nogueira, L. A. H., 2005, "Eficiência energética no uso de vapor", Rio de Janeiro, Eletrobrás: Procel, 196 p. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/LivroVapor.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2015.
- Oliveira, D. P. R., 2004, "Planejamento Estratégico – Conceitos, Metodologia e Práticas", 20ª Edição, São Paulo: Editora Atlas, 384 p.
- PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, 2010, "Relatório final de ação de promoção a eficiência energética em geradores de vapor", 156 p. Disponível em: <<http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SGCIE/Documentacao/Documents/RelFinal-AccaoEE-Caldeiras-Vapor-Termodfluído.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- Santos, A. H. C.; Fagá, M. T. W.; Santos, E. M., 2013, "The risks of an energy efficiency policy for buildings based solely on the consumption evaluation of final energy", *Internacional Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Brazil, Vol. 44, No. 1, pp.70-77.
- Shanghai, H. Q.; McKane, A., 2008, "Improving Energy Efficiency of Compressed Air System Based on System Audit", Lawrence Berkeley National Laboratory. Disponível em: <<http://escholarship.org/uc/item/13w7f2fc>>. Acesso em: 22 dez. 2015.
- Silva, N. F., 2016, "Desenvolvimento de metodologia de eficiência energética para aplicação em processos industriais de laticínios", 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Campus de Guaratinguetá, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.
- Sola, A. V. H.; Mota, C. M. M.; Kovalski, J. L., 2011, "A model for improving energy efficiency in industrial motor system using multicriteria analysis", *Energy Police*, Brazil, Vol. 39, No. 6, pp. 3645-3654. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511002643>>. Acesso em: 22 dez. 2015.
- Weber, L., 1997, "Viewpoint: some reflections on barriers to the efficient use of energy", *Energy Policy*, Switzerland, Vol. 25, No. 10, pp. 833–835. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421597000840>>. Acesso em: 22 dez. 2015.

RESULTS OF IMPLEMENTING THE PYRAMID METHODOLOGY OF ENERGY EFFICIENCY IN A PROCESSES DAIRY

Natalia Faria Silva, nat.faria@yahoo.com.br¹

Pedro Magalhães Sobrinho, pmsobrinho@terra.com.br¹

José Luz Silveira, joseluz@feg.unesp.br¹

¹Paulista State University, Engineering College, Avenue Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Portal das Colinas, 12.516-410 - Guaratinguetá, S.P

Abstract. *This work proposes a methodological model which improves the energy performance by implementing energy efficiency measures. The model is based on four levels of action and was developed through a review of the state of the art in Brazil and in the world of aspects related to energy efficiency. The structure of the methodology, called energy conservation pyramid was developed under the concept of continuous improvement and is based on best practices to achieve energy excellence adopted in developed countries like United States, Canada and Germany. A case study in a dairy industry was carried out to show the applicability and effectiveness of the proposed method. The study detailed the various possibilities to reduce the irreversibility of energy systems of the industry and presented technical proposals and cost-effective improvement of efficiency in energy use. The results presented show that the adoption of energy efficiency measures reduce costs, improve operating conditions and impacts positively on the environment.*

Keywords: *energy efficiency, energy conservation, energy, dairy.*