

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

STELLIO SPERANDIO NETO

**GESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM FRIGORÍFICOS DE
AVES**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PATO BRANCO - PR

2017

STELLIO SPERANDIO NETO

**GESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM FRIGORÍFICOS DE
AVES**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Especialista em Engenharia de Produção”.
Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira

PATO BRANCO - PR

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
II Curso de Especialização em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

GESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM FRIGORÍFICOS DE AVES

por

STELLIO SPERANDIO NETO

Esta Monografia foi apresentada em vinte e quatro de março de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Gilson Adamczuk Oliveira
Prof. Orientador

Marcelo Gonçalves Trentin
Membro titular

José Donizetti de Lima
Membro titular

RESUMO

SPERANDIO, Stelio. GESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM FRIGORÍFICOS DE AVES. 2017. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2017

Este trabalho evidencia a crescente necessidade de gestão de eficiência energética voltada para a indústria. Através de uma abordagem da prática de gestão de eficiência energética, com foco em frigorífico de aves, discute as diferenças na gestão de indicadores técnicos e operações internas e as dificuldades para se ter um padrão nas atividades. Com o objetivo de identificar lacunas de melhorias da gestão na companhia, o trabalho desenvolvido apresenta as diferenças encontradas entre unidades produtivas e sugere métodos para equalizar as medições na eficiência de cada fábrica em consumo de energia elétrica. Apresenta diferentes realidades para diferentes fábricas que dentro da mesma companhia são comparadas no indicador final de eficiência energética, afim de buscar melhores resultados. Apresenta uma ação tratativa, que está em andamento, para os problemas evidenciados no trabalho.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Energia Elétrica, Indústria de Alimentos

ABSTRACT

SPERANDIO, Stelio. *ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT IN POULTRY SLAUGHTERHOUSE*. 2017. Monograph (Manufacturing Engineering Specialization) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2017

This work shows the need for industrial energy efficiency management. Through a practical view of management, focus on poultry slaughter house, discuss the different technical indicators and internal operations and the difficulties to establish a standard. To identify improvement gap within the company management, this work presents differences between productive units and suggest methods to equalize the efficiency metering on each factory. It is presented different realities from each factory studied, that inside the same company are compared to achieve the best results.

Key-words: *Energy Efficiency, Electrical Energy, Food Industry*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Oferta Brasileira de Energia Elétrica por Fonte.....	9
Figura 2	Desvio de Precipitação no Brasil entre nov/2016 e jan/2017.....	10
Figura 3	Renda Per Capita Brasileira de 2008 a 2014.....	11
Figura 4	Destino dos investimentos das indústrias no Paraná.....	14
Figura 5	Representatividade no número de aves abatidas em 2015.....	14
Figura 6	Consumo de energia em um frigorífico no estado do Paraná.....	15
Figura 7	Fluxo de informação do consumo de energia entre produtoras de frango.....	18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
CMS	Carne Mecanicamente Separada
EE	Eficiência Energética.
EI	Energy Efficiency Indicator, Indicador de Eficiência Energética.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética.
ERP	Enterprise Resource Planning.
FIEP	Federação das Indústrias do Estado do Paraná.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
TEC	Total Energy Consumption, Consumo Total de Energia.
TPA	Tonelada de Produto Acabado.
UC	Energy Unit Cost, Gasto Energético por Unidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 Situação Energética Nacional	22
2.2 Eficiência Energética	25
2.3 Energia Elétrica na Indústria	26
2.4 Energia Elétrica na Indústria de Alimentos	27
2.5 Modelo de Gestão de Energia	28
2.6 Indicadores de Eficiência Energética	29
3. METODOLOGIA	30
3.1 Matéria Prima e Produto Final	30
3.2 Medição de Energia	31
3.3 Indicadores	32
3.3.1 Indicadores de Eficiência	32
3.3.2 Indicador de Eficiência Fim	32
3.3.3 Indicador de Eficiência Meio	33
3.4 Análise de equipamentos críticos	33
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	34
4.1 Quantidade de Energia	34
4.2 Matéria Prima	35
4.3 Metrologia	36
4.3.1 Medição de Energia	36
4.3.2 Critério de Rateio	36
4.5 Equipamentos Críticos	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

Em 2014 e 2015, o Brasil passou por momentos de crise econômica e esta situação paralela à de 2001 que apresentou uma crise do setor energético, criaram um cenário em que qualidade na utilização da energia elétrica se torna cada vez mais importante. Evidentemente os indicadores de eficiência energética nas indústrias se tornaram relevantes para tomada de decisão nível gerencial.

O trabalho concentra-se na gestão dos indicadores de eficiência energética em uma empresa do ramo alimentício. A gestão dessa área apresenta algumas incoerências técnica quando diferentes plantas são comparadas entre si, afim de buscar uma operação com melhores resultados (*benchmark*), isso devido ao modelo de implantação dos indicadores de eficiência, portanto a proposta é apresentada em conjunto com a análise.

Diante das inconformidades e das frequentes comparações com outras unidades produtivas, o objetivo desse estudo é de apresentar dados técnicos e as realidades das diferentes fábricas, além de uma solução para a equalização dos indicadores geridos.

O método de gestão de indicadores chave para uma companhia é essencial para garantir a confiabilidade de informação e padronização entre diferentes medição. Sendo assim, passível de comparação entre diferentes locais que possuem os mesmos indicadores chave.

Através de dados atuais e do método em que a gestão de eficiência energética ocorre na companhia, foram selecionadas três fábricas e através da análise dos métodos de geração dos indicadores, apresentados comparativos dos resultados entre a situação atual e as particularidades de cada estrutura fabril compreendida com auxílio de um especialista da área, evidenciando diferenças particulares entre as plantas industriais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Situação Energética Nacional

O quadro de geração de energia elétrica de um país é explicado pela matriz energética. Atualmente, o Brasil apresenta uma matriz energética predominantemente renovável, o que difere da maioria dos outros países do mundo, onde a queima de combustíveis fósseis para gerar eletricidade predomina. As termelétricas que operam com gás natural, de origem não renovável, representam a segunda maior contribuição na matriz energética. As menores fontes de energia, até então consideradas alternativas, recebem investimento nos últimos anos, é o caso da eólica que atingiu um crescimento de 85,6% no último ano (ENERGIA, 2016).

Entretanto, observando a Figura 1, aproximadamente 64% da energia elétrica produzida no país é proveniente de fontes hídricas. O motivo desse ser o principal meio de geração, se deve pelo fato do país possuir um alto potencial hídrico e grande extensão territorial, além de ser um tipo renovável e limpo de transformar energia.

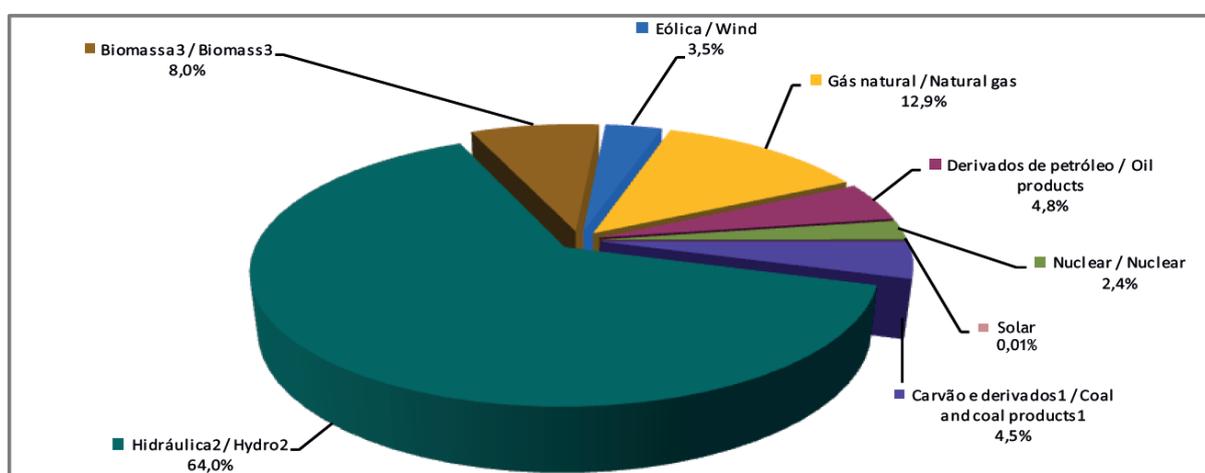


Figura 1 – Oferta Brasileira de Energia Elétrica por Fonte.

Fonte: (ENERGIA, 2016)

Devido às mudanças climáticas recentes, a geração de energia através de fontes hídricas pode sofrer oscilações e com isso sua predominância na matriz energética está reduzindo com o passar dos anos. No ano de 2001, ocorreu a primeira situação em que a crise do setor energético ficou evidente, a partir daí, ocorreram mudanças com a economia dessa fonte. Em 2016, novamente a situação se mostrou crítica, entre os meses de novembro e janeiro quando

ocorre a maior concentração de chuvas, foi substituído por um período de estiagem, como mostrado na Figura 2. A partir daí anexo às temperaturas registradas cada vez mais elevadas, racionamentos e apagões de energia se tornaram novamente possibilidades reais.

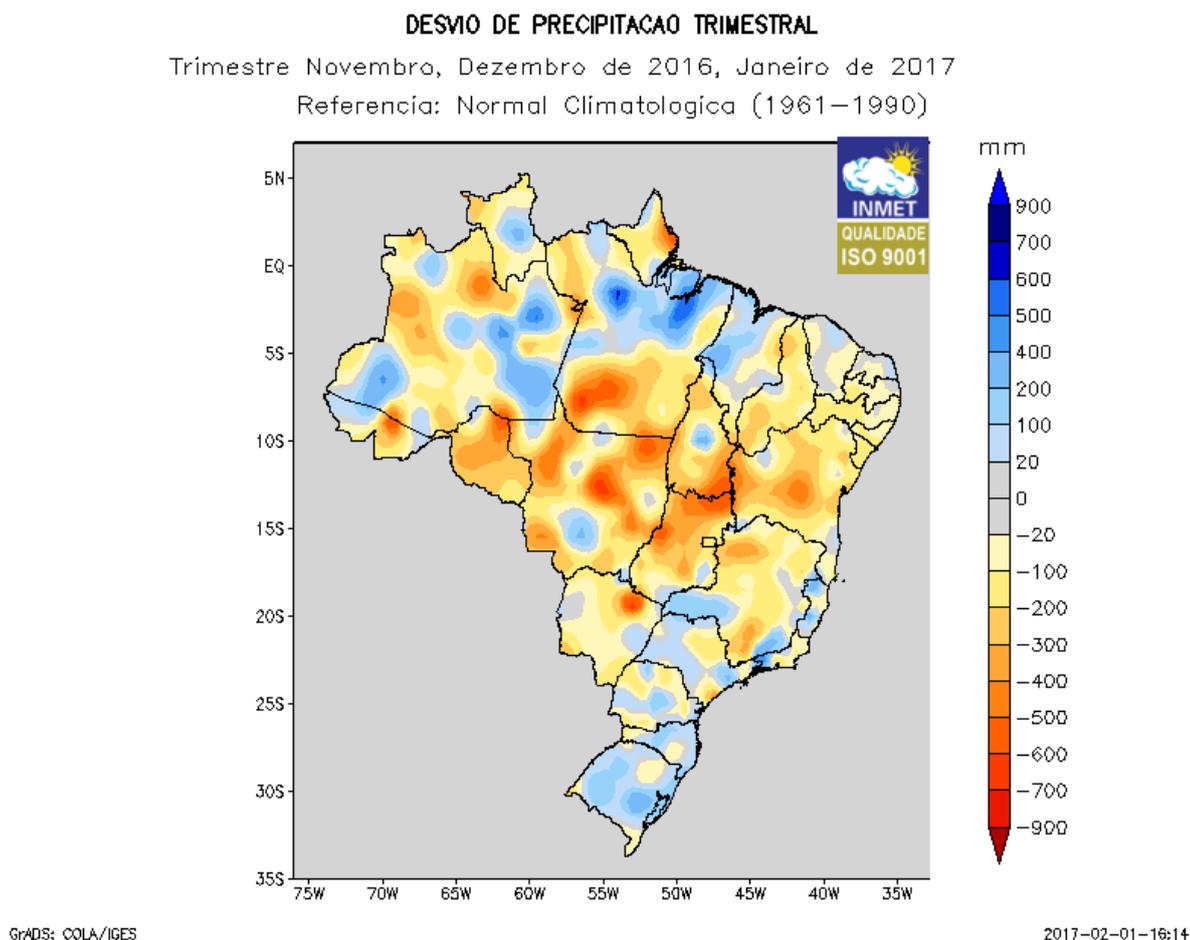


Figura 2 – Desvio de Precipitação no Brasil entre novembro de 2016 e janeiro de 2017.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017)

A demanda de energia tem mostrado um aumento considerável na última década, exceto em 2016 que houve uma redução de 0,9%. Entretanto a previsão para 2017 é que a demanda continue a crescer (EPE, 2017). O crescimento da demanda pode ser entendido devido ao crescimento da renda per capita do Brasil, que entre os anos de 2008 e 2014 foi de mais de 65% (IBGE, 2017), exemplificado na Figura 3. Este fato, aumenta o consumo de energia elétrica per capita que proporciona uma melhor qualidade de vida na população do país, ocasionando um

crescimento na demanda de energia elétrica. Paralelamente, ocorre o aumento populacional natural, que no Brasil é gira em torno de 1% ao ano.

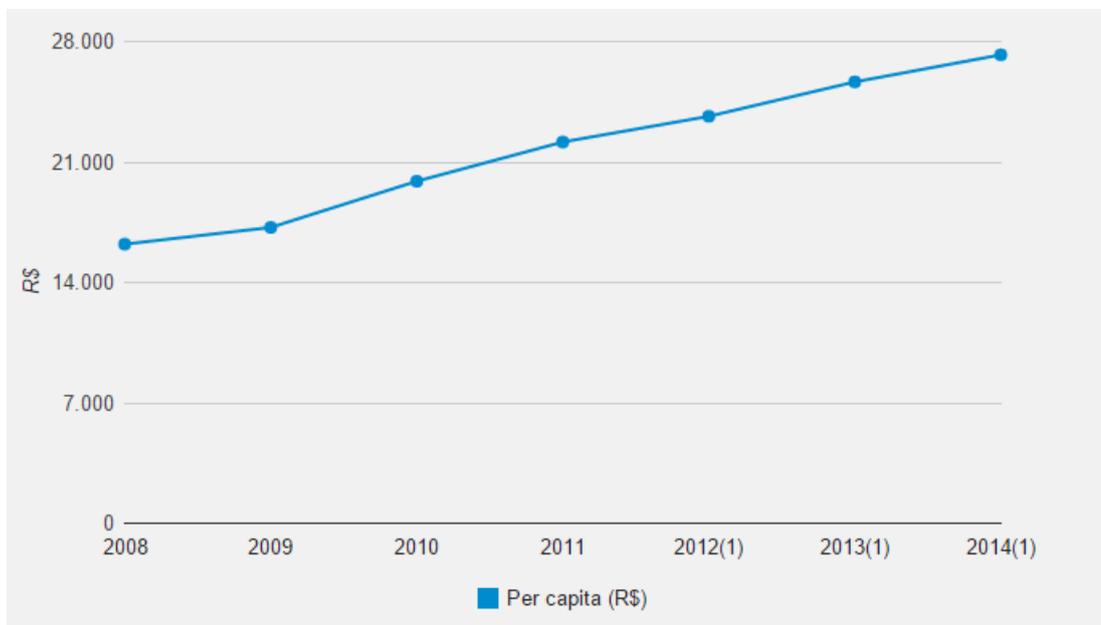


Figura 3 – Renda Per Capita Brasileira de 2008 a 2014.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017)

Todos esses fatores agrupados, salientam que uma solução para a condição energética do país precisa ser encontrada. Durante os últimos anos, uma diversidade de usinas começou a ser construídas, contudo, em sua maioria, os locais onde são realizadas essas construções não atendem um dos fatores mais importantes para a solução do problema, a localização onde a necessidade de energia a ser gerada é prioritária.

Dessa maneira, as obras são realizadas em locais de difícil acesso e longe de centros urbanos, atrasando e tornando mais difícil a conclusão das construções. Junto disso, muitas vezes não são consideradas a rede de distribuição existente e nem o planejamento de expansão linhas de transmissão para levar a energia para locais mais populosos.

Existem outras dificuldades para a expansão da oferta de energia elétrica. Por exemplo, as maiores geradoras de energia buscam controlar o mercado, mantendo os preços mais baixos artificialmente quando os custos de geração sofrem um aumento. Este fato gera uma cultura de que apenas grandes concessionárias podem oferecer energia elétrica de qualidade a baixo custo,

prejudicando assim o aumento da cogeração com PCH bem como outros tipos de energia (HOLLANDA; ERBER, 2009).

Um alto custo monetário e ambiental pode ser gerado devido ao investimento em energias alternativas, pelo requisito de maior quantidade de usinas expandindo a produção. Sendo assim o país deve se manter seu crescimento de uma maneira sustentável, levando em consideração o equilíbrio entre a qualidade de vida e o meio ambiente.

O desenvolvimento sustentável atende à necessidade, sem prejudicar a qualidade de vida futura, sem esgotamento de recursos (BCSD, 2005). Isso faz o controle da demanda, através de alternativas e gestão de Eficiência Energética, uma forma eficiente de controlar a crise com um caráter sustentável, utilizando de maneira mais consciente e inteligente a energia já disponível.

Considerando a demanda de energia nacional e o impacto financeiro da mesma, nos últimos dois anos, o Brasil tem vivido momentos de crise econômica, apresentando um recuo do PIB de até 2,3% no segundo semestre de 2015, inflação de 10,67% em 2015 e com a taxa de desemprego atingindo a marca de 11,8% no terceiro trimestre de 2016 (IBGE, 2016), sendo assim o poder de compra da população se reduziu nos dois últimos anos. Esta situação aliada à vivida no ano de 2001, com um cenário em que o custo da energia elétrica apresentou um crescimento médio aplicado de 52% em 2015 no estado do Paraná (COPEL, 2016), criaram um ambiente em que os indicadores de Eficiência Energética (EE) nas indústrias se tornaram relevantes na alta administração. A redução de custo aliada a sustentabilidade das indústrias é fundamental, portanto, neste momento, a ação tomada é de amenizar o custo indireto agregado ao produto através de medidas de eficiência energética durante o processo industrial.

2.2 Eficiência Energética

A utilização consciente de energia, também chamada de EE, pode ser entendida em usar de modo eficiente a energia disponível para atingir um determinado resultado. Por definição, a EE consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização (ABESCO, 2015). A EE pode ser entendida como uma usina virtual, é a energia que se deixa de consumir para um mesmo fim, obtendo assim uma certa avaliação de qualidade em sua utilização. O aproveitamento da EE é definido como a relação entre a quantidade de energia final utilizada e do bem produzido ou do serviço realizado (EPE, 2010). Desta forma é necessário que existam conceitos e indicadores que mostrem como ela está sendo aproveitada, e qual é a quantidade disponível.

O Brasil está entre os 10 maiores consumidores de energia elétrica do mundo e por outro lado, se posiciona em penúltimo em uma classificação de eficiência energética entre 16 países de grande economia. Devido a isso, algumas medidas foram tomadas, como programas para a conscientização, quando a ANEEL determinou que as concessionárias de energia devem destinar ao menos 1% do seu faturamento anual bruto para ações que tenham como objetivo reduzir o desperdício de energia elétrica (ANEEL, 2017).

2.3 Energia Elétrica na Indústria

O consumo de energia do setor industrial representa aproximadamente 34% do total em território nacional (EPE, 2017), portanto a preocupação com EE aumenta conforme o mercado se torna competitivo, devido a isso, inúmeras empresas investem em profissionais dedicados a atividade e em projetos com foco em EE, afim de reduzir custos agregados ao produto final.

Segundo um estudo realizado pela FIEP, no ano de (2011), com 410 indústrias do Paraná, a estratégia das mesmas é de obter a satisfação do cliente, seguido do desenvolvimento de negócios, e em oitava e nona colocação impacto ambiental e engenharia/*design*.

Quando os representantes foram questionados para onde os investimentos serão destinados, a grande maioria declarou produtividade de fábrica, seguido de modernização tecnológica e melhoria de processo na sequência, a Figura 4 ilustra a visão dos empresários entrevistados.

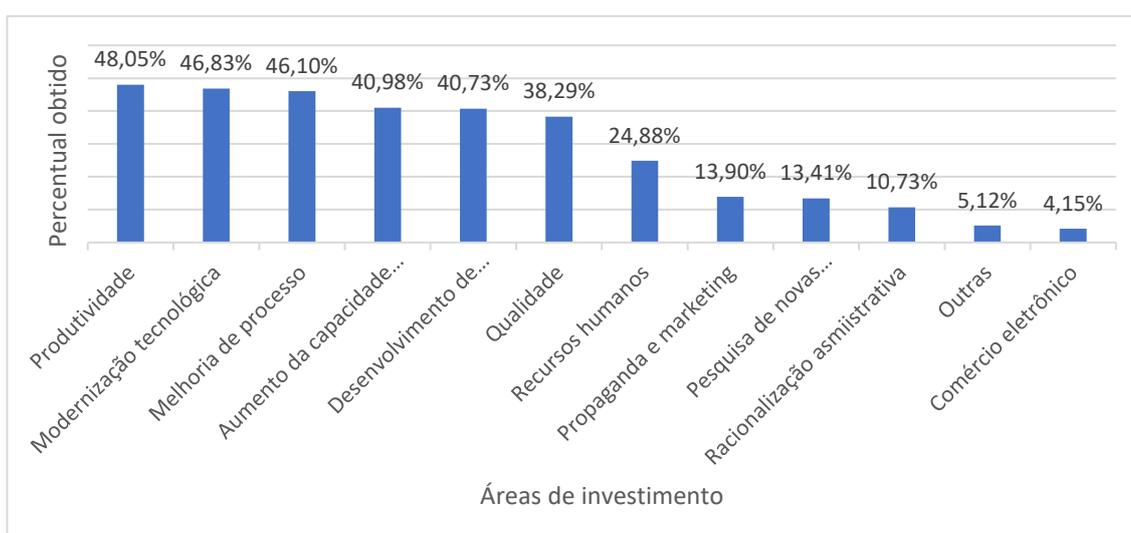


Figura 4 – Destino dos investimentos das indústrias no Paraná.

Fonte: Federação das Indústrias do Paraná (FIEP, 2011)

2.4 Energia Elétrica na Indústria de Alimentos

O maior número de empresas de abate e fabricação de produtos cárneos de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), está presente na região Sul e Sudeste. Especificamente em número de aves abatidas, o estado do Paraná é o estado que mais abate, conforme a Figura 5 exemplifica.

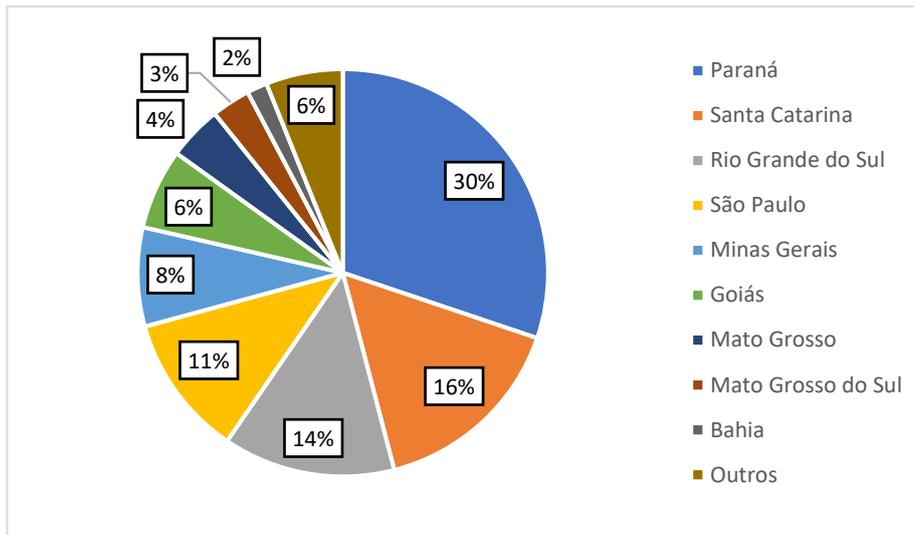


Figura 5 – Representatividade no número de aves abatidas em 2015.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015)

Um dos principais fatores para o controle da utilização de energia elétrica em frigorífico é devido a refrigeração industrial, sendo essa, a mais responsável pelo consumo de energia. Desde climatização, etapas de processo até a distribuição do produto exige um controle de temperatura que permite ao mesmo entregar a qualidade esperada, e esta deve ser obrigatoriamente respeitada de acordo com as legislações vigentes.

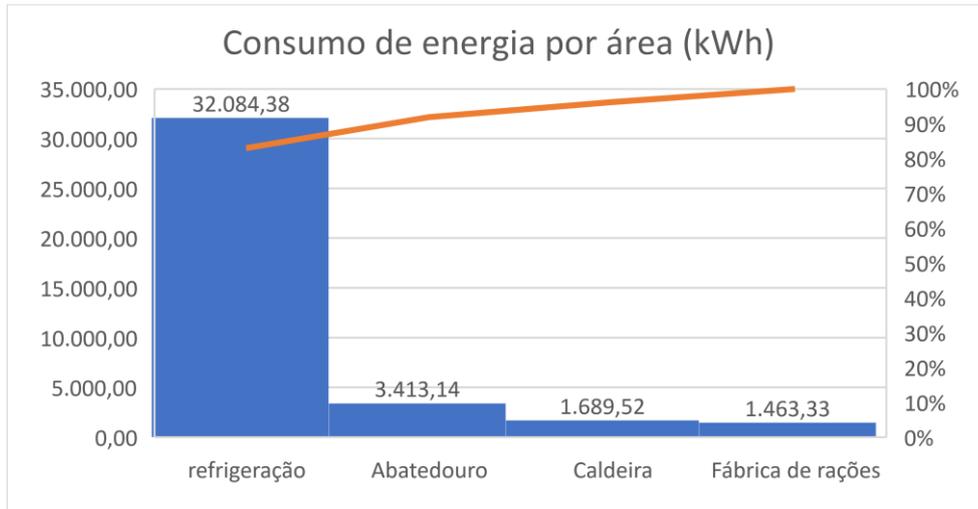


Figura 6 – Consumo de energia em um frigorífico no estado do Paraná.

Fonte: Zanin *et al*, (2002)

O consumo de energia no setor de refrigeração dentro do processo do frigorífico representa aproximadamente 80% do consumo total para produção de acordo com Zanin *et al* (2002).

As reações do produto in natura estão diretamente ligadas a temperatura em que está submetido, qualidade nutricional, sensorial e influência a saúde. Sendo assim, a manutenção e operação de toda a refrigeração deve fornecer os padrões exigidos de temperatura em todas as etapas do processo (PEREIRA *et al.*, 2010). Devido à alta representatividade do estado do Paraná em número de aves abatidas, para o desenvolvimento desse trabalho foram selecionadas três unidades produtivas do setor de abate de aves no estado.

2.5 Modelo de Gestão de Energia

Segundo Marques, Haddad e Guardia (2007), a gestão energética deve abordar acompanhamento de índices de controle, medidas de conhecimento relacionadas ao fluxo de energia, ações que influenciam este fluxo, processos que usam a energia e a relacionam com produto e atuação nos índices que visam reduzir o consumo energético que está atribuído ao produto.

Afim de medir desempenho na área de energia, inicialmente deve-se definir como esse desempenho será medido. Existem alguns modelos propostos que se enquadram na necessidade

das indústrias de maneira geral. Bunse *et al.* (2011) definem gestão de energia em aplicação correta dos recursos no fornecimento, transformação e na utilização do mesmo. Para que essas três etapas ocorram e sejam gerenciadas é necessário a medição, análise e registro dos dados. O autor apresenta um modelo dividido em quatro partes fundamentais, são elas:

- Medição: Indicadores de desempenho;
- Controle e Melhoria: monitoramento dos indicadores, controle análise de *benchmark*;
- Tecnologia da Informação e Comunicação: sistemas de auxílio a gerenciamento de processos (ERP);
- Padronização: Normas de gestão;

2.6 Indicadores de Eficiência Energética

Com o desenvolvimento da metodologia e execução da mesma, o retorno em termos de eficiência energética é esperado, e esses retornos devem ser evidenciados em indicadores técnicos de desempenho. Existem três indicadores relacionados a qualidade do consumo de energia que são propostos por Bunse *et al.* (2011).

A equação 1, aponta o consumo absoluto de energia, TEC, em relação a um período de tempo.

$$TEC = \frac{\text{Consumo de energia (kWh)}}{\text{Período de tempo (mês)}} \quad (1)$$

A equação 2, apresenta o consumo de energia do setor em relação a produção do mesmo (massa), ou seja, o gasto de energia por setor produtivo e sua relação com o produto acabado, UC. Este indicador é amplamente utilizado nas empresas estudadas e visto como indicador fim de eficiência energética.

$$UC = \frac{\text{Consumo de energia (kWh)}}{\text{Massa produzida (Ton)}} \quad (2)$$

A equação 3 é o indicador de eficiência que compara o uso da energia do processo com a situação ideal do mesmo.

$$EEI = \frac{\text{Consumo de energia (kWh)}}{\text{Consumo ideal de energia no processo (kWh)}} \quad (3)$$

Existem outros indicadores quem podem ser utilizados de acordo com Bunse *et al.* Como o indicador de economia anual, que compara o consumo anual com o histórico de outros anos.

3. METODOLOGIA

Foram estudadas três unidades produtivas de frango in natura com auxílio de um profissional especialista da área e compreender as diferenças entre elas, mesmo que dentro da empresa estejam na mesma categoria, *cluster*, grupo de unidades que compartilham o mesmo produto fim, no caso, o frango.

Dentro da companhia em questão, existe um sistema compartilhado de gestão de EE. Este sistema abrange desde a obtenção de dados como análise de etapas técnicas, para buscar melhores resultados e operação adequada de importantes equipamentos para a planta industrial.

3.1 Matéria Prima e Produto Final

Foram estudadas três unidades produtivas de frango, pode-se classifica-las com Unidade “A”, Unidade “B” e Unidade “C”. A Tabela 1 indica a diferença da especificação do produto fim e da própria matéria prima.

Tabela 1 – Peso médio da matéria prima e exigência de temperatura no produto fim

Unidade	Tipo de Produto	Temperatura de Congelamento (°C)
A	Pesado (Peso médio 2700g)	-12°C e -18°C
B	Griller (Peso médio 1380g)	-12°C e -18°C
C	Griller (Peso médio 1430g)	-12°C, -18°C e -22°C

A diferença na exigência da temperatura de congelamento de -12°C para -18°C se dá pelo mercado de destino. Quando o produto é enviado ao mercado nacional, a temperatura de -12°C é aceita pela legislação vigente, já para mercado externo -18°C. A unidade produtiva “C”,

apresenta uma necessidade de produto a -22°C (5% da produção total), isso devido a uma solicitação de um cliente exclusivo.

3.2 Medição de Energia

Existe uma diferença temporal em que cada uma das fábricas foi construída e no início de sua fundação, não pertenciam a mesma empresa, esta que passou a adquiri-las nos anos posteriores, realizando ampliações, novas edificações, entre outros. Além de que a engenharia de projetos atua individualmente em cada planta, salvo exceções que com apoio corporativo para grandes investimentos de alto retorno, o projeto se replica para unidades aplicáveis. Portanto, existe uma diferença estrutural presente em cada tipo de fábrica e principalmente, em cada tipo de registro de medição de utilidades, seja energia, água ou vapor.

A Figura 7 exemplifica a diferença entre cada uma das unidades produtivas mencionadas anteriormente.

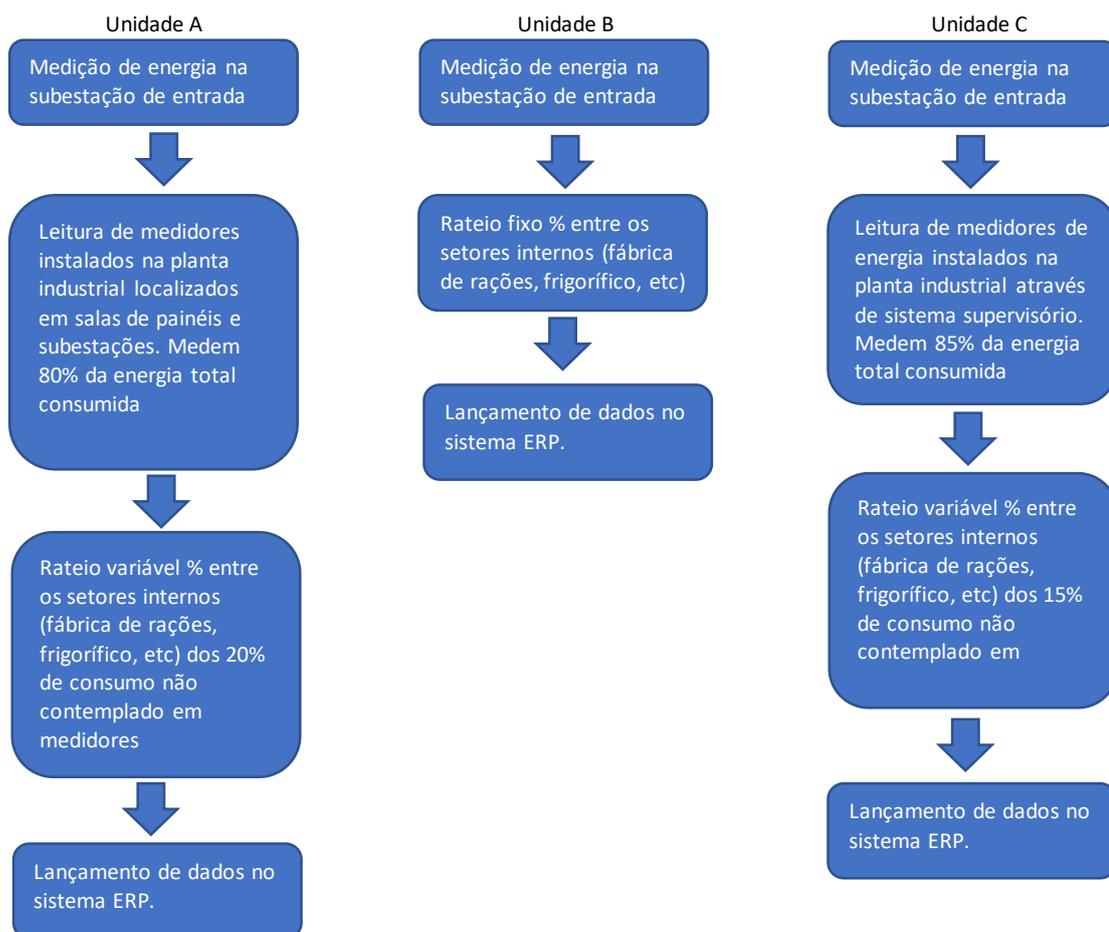


Figura 7 – Fluxo de informação do consumo de energia entre produtoras de frango.

3.3 Indicadores

3.3.1 Indicadores de Eficiência

Os indicadores de eficiência energética, apresentam papel fundamental na indústria, visto que, com base no custo do kWh, o planejamento de orçamento anual da área de utilidades e energético de toda a companhia é baseado na meta definida. São considerados incrementos de equipamentos ou reduções de consumo devido a projetos de EE, além dos desafios de captura propostos.

3.3.2 Indicador de Eficiência Fim

O indicador fim utilizado na eficiência energética, na área de energia elétrica, é o kWh/TPA onde TPA é a tonelada de produto acabado, portanto, este pode ser comparado com o indicador (2) de Bunse *et al.* (2011) por se tratar do consumo de energia em relação a massa produzida. A TPA não contempla a matéria prima produzida para ser processada em outras fábricas da companhia, como por exemplo o CMS que serve como matéria prima para produtos industrializados. Em unidades como a “A”, o processamento dessa matéria prima para produto final ocorre dentro da própria fábrica. O kWh utilizado para o cálculo do indicador é o necessário para que o processo produtivo opere. Portanto, deve-se considerar o consumo de energia elétrica dos seguintes setores:

- Refrigeração industrial;
- Geração e distribuição de vapor;
- Equipamentos parte do processo do frigorífico (depenadeiras, evisceradoras, esteiras de transporte, etc);
- Estação de tratamento de água;
- Estação de tratamento de efluente;
- Bombas de recalque de água;
- Perdas em transformação e distribuição;

3.3.3 Indicador de Eficiência Meio

Os indicadores de meio são utilizados na gestão do kWh/TPA, auxiliando a atingir os objetivos finais, através do atendimento de diferentes parcelas referente a principalmente o processo de refrigeração industrial.

Além de auxiliar no monitoramento de eficiência em diferentes frentes, em teoria, se os indicadores de meio forem todos atendidos, o kWh/TPA conseqüentemente também será, exceto se ocorrerem mudanças imprevistas no planejamento, como previsão de abate. Alguns dos indicadores de meio estão apresentados abaixo:

- Pressão de condensação da rede de refrigeração;
- Capacidade de carga de compressores de refrigeração;
- % de ar na rede do líquido refrigerante;
- % de água na rede do líquido refrigerante;
- Temperatura de congelamento dos produtos;
- Qualidade do tratamento de água para condensadores da sala de máquinas;
- Disponibilidade dos níveis dos túneis de congelamento;
- Consumo de água gelada nos *chillers*;
- Variação da temperatura entre água de alimentação dos condensadores e água de circulação no equipamento;
- Temperatura de cozimento na fábrica de rações;

3.4 Análise de equipamentos críticos

Para uma otimização dos equipamentos presentes e/ou encontrar problemas relacionados a manutenção de equipamentos chave no processo, que por consequência são grandes consumidores ou sistemas que reduzem o consumo, a normativa interna define que se deve realizar a análise de equipamentos críticos.

Os equipamentos críticos são classificados assim de acordo com a representatividade de consumo de energia ou da sua importância para aproveitamento energético. Essa etapa técnica analisa os dados nominais dos equipamentos e busca mensurar as perdas em relação a transferência de energia real com comparação com a determinada em projeto.

Muitos equipamentos críticos são os presentes no ciclo de refrigeração industrial, sistemas de reaproveitamento de energia térmica, entre outros. Segue abaixo alguns exemplos de equipamentos dessa categoria:

- Compressores de ar;
- Compressores de amônia;
- Condensadores de amônia;
- Túneis de congelamento;
- Trocadores de calor (quando aplicável);
- *Chillers*;
- Prensas peletizadoras;
- Extratores de ar da rede de amônia;
- Máquinas de fabricar gelo (quando aplicável);
- Sistema de *Re-chiller* (quando aplicável);
- Inversores de frequência nos regimes da sala de máquinas (quando aplicável);

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Quantidade de Energia

Ao analisar o produto final e a carga térmica necessária para entregar o padrão solicitado para cada unidade produtiva, é evidente pelo princípio fundamental da calorimetria que não é possível comparar o consumo de energia de todas as unidades entre si, como é realizado atualmente. Entre a unidade C e as demais, existe uma diferença exclusiva de 4°C entre as demais, e quando a representatividade desse produto específico se intensifica, a diferença no consumo de energia também se distancia.

A Tabela 2 exemplifica a necessidade de kcal/tonelada considerando apenas essas diferenças considerando calor específico da carne de frango de 0,79 kcal/kg°C e temperatura média corporal de 38,88°C (WELKER, Janaína Schenatto et al, 2008):

Tabela 2 – Energia necessária em função da produção diária das fábricas

Item de verificação	Unidade A	Unidade B	Unidade C
Massa Produzida por dia (kg)	957.615	535.076	729.200
Energia para Congelamento (kcal)	43.025.642	24.040.965	32.881.960
Cal/kg	44,93	44,93	45,09

Além das necessidades de produto, existem divergências de estruturas nas fábricas. Por exemplo, existem túneis de congelamento compartilhados, em que entram produtos com exigência -22°C e outros -18°C, ocorrendo assim o super-congelamento dos que não necessitam de tanta energia para congelamento. Esse tipo de situação pode ser problema de falha operacional ou apenas as condições, estrutura/layout de fábrica.

As unidades estudadas atingiram os resultados no fechamento de 2016 de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Fechamento de 2016 do Indicador de eficiência energética de energia elétrica

Item de verificação	Unidade A	Unidade B	Unidade C
Indicador de Eficiência kWh/TPA	344,92	250,39	264,28
kWh Total do Processo	9.660.956	3.761.828	4.704.411
TPA	28.010	15.024	17.801

4.2 Matéria Prima

Outro fator que influencia diretamente o resultado até então medido, kWh/TPA é o peso médio do frango abatido. Sistemas de transferência de calor tendem a não apresentar um tempo de resposta imediato a determinada variação no processo, portanto qualquer indisponibilidade de fábrica, não reduz na mesma proporção o consumo de energia.

Através de uma análise realizada apenas na unidade C, a redução no consumo de energia da sala de máquinas em função da redução/incremento de massa devido alto peso médio ou redução de abate é em torno de 57,00%. Sendo assim, se ocorrer uma redução de 5,00% no peso médio da carcaça, o consumo de energia será reduzido em 2,85%.

Além disso, a unidade “A” processa a matéria prima CMS, que foi previamente gerada no frigorífico, dentro da própria indústria, obtendo um produto final a partir dela. Pelo fato do denominador do indicador técnico contemplar TPA e não tonelada, neste caso, resulta em um indicador mais baixo por consequência.

4.3 Metrologia

4.3.1 Medição de Energia

Pela diferença estrutural e idades das plantas, não existe um padrão em medição de energia. Uma das unidades apresenta uma leitura apenas na subestação principal e todos os demais processos presentes na planta fabril recebem um percentual fixo como consumo energético. As outras duas apresentam mais de 30 medidores de energia, entretanto, uma delas depende que um colaborador percorra as subestações e salas de painéis diariamente, afim de obter os dados nos medidores, criando um ambiente propenso ao erro humano. A unidade C apresenta um supervisor com os números registrados e relatórios diários, mas ainda assim, pode ocorrer erros no fechamento dos indicadores, visto que os dados devem ser transferidos para um sistema ERP padrão da companhia.

4.3.2 Critério de Rateio

Em nenhuma das plantas analisadas, a medição de energia é integral. Sabendo que existem perdas em transmissão e transformação, essa situação já é esperada, entretanto o menor percentual de não medição encontrado é de 15% em função do total mapeado na planta.

As unidades A e C que possuem medição dos processos, distribuem essa diferença não medida de energia percentualmente entre o consumo dos processos, e isso varia diariamente. Dessa maneira, quanto maior o percentual não contabilizado, maior o erro presente no indicador fim, que muitas vezes pode prejudicar e/ou beneficiar o custo indireto dos processos produtivos.

4.5 Equipamentos Críticos

Nem todas as plantas apresentam os mesmos equipamentos, muito menos os mesmos fabricantes. Existem diversos sistemas de aproveitamento energético que podem se tornar viáveis em uma planta e não em outra, devido a *layout*, condições de operação, entre outros.

Portanto esses equipamentos não compartilhados podem distorcer os dados quando comparados indicadores de diferentes plantas, pois se trata de diferentes estruturas e diferentes operações, onde muitas vezes não é possível obter o resultado do semelhante devido a infraestrutura fabril.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os pontos mencionados na discussão de resultados, fica evidente que a comparação entre as mesmas não apresenta embasamento técnico, principalmente se não são contabilizados projetos de investimentos.

Existem divergências na matéria prima e no padrão do produto final em termos de energia, além disso, não há padrão de medição dos processos produtivos entre as unidades, distorcendo assim o resultado obtido da divisão de consumo energético por massa produzida em tonelada.

A proposta da equação 3 de Bunse *et al.*(2011), indicador *EEI*, sugere uma comparação entre o consumo de energia e o consumo ideal do processo, obtendo assim um coeficiente que pode ser interpretado como percentual acima do consumo possível. Partindo dessa condição, uma proposta de trabalho de fluxo de energia integral do processo foi aceita para desenvolvimento em 2017 na unidade C.

O trabalho será desenvolvido por um comitê técnico que com auxílio de um equipamento analisador de energia. Este irá medir a potência real de todas as cargas instaladas para que o processo opere. Na sequência, serão definidos critérios de medição de energia do processo, de acordo com o que foi considerado na análise de energia da primeira etapa.

O desafio da área operacional será de sempre atingir o melhor resultado em função da infraestrutura existente na planta industrial. A área de eficiência energética na empresa tem como objetivo criar metas específicas, mensuráveis, alcançáveis, relevantes e temporais. Esse projeto piloto busca a regularização dos indicadores até então presentes.

O trabalho de fluxo integral de energia no processo produtivo apresenta alto nível de conhecimento técnico e estatístico, e o mesmo pode ser explorado como um futuro trabalho acadêmico.

REFERÊNCIA

- ABESCO – Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Fevereiro de 2015. <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>
- ABNT. **ABNT ISO 50001: Sistemas de Gestão de Energia – Requisitos com Orientações para Uso.** Rio de Janeiro, 2011.
- ANDRADE SOBRINHO, Renavan; BORJA, Patrícia Campos. **Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS.** Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 783-795, dez. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000400783&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 09 abr. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016116037>.
- ANEEL - **Agência Nacional de Energia Elétrica.** Fevereiro de 2017. <www.aneel.gov.br>.
- BUNSE, K. **Integrating energy efficiency performance in production management – gap analysis between industrial needs and scientific literature.** *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 6-7, p. 667-679, 2011. ISSN 09596526.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário estatístico de energia elétrica.** Rio de Janeiro, 2016.
- ENERGIA, M. de Minas e (Ed.). **PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética.** 2011.
- ENERGIA, M. de Minas e (Ed.). **Balço Energético Nacional.** 2015.
- FIEP – **Federação das Indústrias do Estado do Paraná.** Dezembro de 2011.
- HOLLANDA, J. Buarque de; ERBER, P. **Energy efficiency in brazil.** *Trade and Environment Review*, v. 1, p. 68–77, 2009.
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Fevereiro de 2017. <<http://www.ibge.gov.br/home/>>.
- LADEIRA, Marcelo Bronzo et al. **Gestão de processos, indicadores analíticos e impactos sobre o desempenho competitivo em grandes e médias empresas brasileiras dos setores da indústria e de serviços.** *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 389-404, 2012. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2012000200012&lng=en&nrm=iso>. access on 09 Apr. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2012000200012>.
- MARQUES, M.C.S.; HADDAD, J.; GUARDIA, E.C. (2007) **Eficiência energética: teoria & prática.** Itajubá: Fupai.
- PEREIRA, Thalles Eduardo de Jesus; STRÖHER, Gylles Ricardo; TURBIANI, Franciele Rezende Barbosa; NICOLETI, Joel Fernando. **Thermophysical properties of white chicken meat: effect of temperature and moisture content.** *Braz. J. Food Technol.*, Campinas, v.

16, n. 4, p. 278-284, dez. 2013 . Disponível em
 <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232013000400004&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 16 mar. 2017.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232013005000033>.

PIAI, Juliani C.; SFEIR, B. O. ; RIBEIRO, C. H. ; LARINI, M. M. ; MODESTO, A. L. N. ; JANNUZZI, G. M. . **Energy Efficient Diagnostic of Lighting System in a Public Building - A Simulation Example**. Espaço Energia, v. 23, p. 26-34, 2015.

PORTELA, Tarlis Tortelli. **GESTÃO DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE AVES – VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA**. 115f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015

SARKAR, A.; SINGH, J. **Financing energy efficiency in developing countries – lessons learned and remaining challenges**. Energy Policy, v. 38, n. 10, p. 5560 – 5571, 2010. ISSN 0301-4215.

SFEIR, B. O. ; Piai, Juliani C. ; CERVANTES, S. G. ; GIGLIO, T. G. F. . **Proposta de Retrofit para o Sistema de Iluminação de uma Edificação Pública Federal**. In: X CBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2016, Gramado - RS. Anais do X CBPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2016. p. 1-12.

WELKER, Janaína Schenatto et al . **Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização**. R. Bras. Zootec., Viçosa , v. 37, n. 8, p. 1463-1467, Aug. 2008 . Available from
 <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008000800018&lng=en&nrm=iso>. access on 16 Mar. 2017.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000800018>.

ZANIN, Alexandre, SOUZA, Samuel N. M. de, KOLLING, Evandro M. et al. **Perfil do consumo de energia elétrica no abate de frangos de corte: estudo de caso..** In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Proceedings online... Available from:
 <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000200037&lng=en&nrm=abn>. Access on: 15 Mar. 2017.