



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

CAROL CORREIA VIANA

ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
EM INDÚSTRIA AVÍCOLA



SALVADOR
2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

CAROL CORREIA VIANA

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INDÚSTRIA
AVÍCOLA**

Salvador
2019

CAROL CORREIA VIANA

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INDÚSTRIA
AVÍCOLA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Industrial - Área de Concentração: Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres

Salvador
2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA), com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Correia Viana, Carol
Estudo da Eficiência Energética em Indústria
Avícola / Carol Correia Viana. -- Salvador, 2019.
172 f.

Orientador: Ednildo Andrade Torres.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Industrial) -- Universidade
Federal da Bahia, Universidade Federal da Bahia,
2019.

1. Eficiência energética. 2. Gestão energética
3. Indústria avícola. 4. Revisão energética. 5.
ABNT NBR ISO 50001. I. Andrade Torres, Ednildo. II.
Título.

“ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INDÚSTRIA AVÍCOLA”.

CAROL CORREIA VIANA


Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres


Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 1999.

Prof. Dr. Jorge Laureano Moya Rodríguez


Doutor em Projeto de Máquinas, pela Universidade Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba, 1994.

Prof. Dr. Pieter de Jong


Doutor em Engenharia Industrial, pela Universidade Estadual da Bahia, Brasil, 2017.

Salvador, BA - BRASIL

OUTUBRO/2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora Desatadora dos Nós por estarem à frente dos meus passos, me guiarem e me darem forças para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Alberto Júnior e Teresinha, que são minha motivação diária para superar todos os desafios. Ao meu irmão Artur Vicente e minha cunhada Thays pelo apoio e incentivo. Aos meus sobrinhos Ana Luísa e Eduardo pela alegria.

Ao meu namorado Luan pelo amor, cumplicidade, apoio incondicional e companheirismo de todas as horas, obrigada por auxiliar e confiar em minhas escolhas.

A Maria Aparecida e Iuri pelo incentivo.

Aos meus amigos pela companhia e convivência, em especial a Mariana Santana, Kleber Bastos, Railane Costa, Raizza Figueredo, Jéssica Viana e Camila Correia.

Ao meu orientador Ednildo Andrade Torres pelos ensinamentos e confiança no desenvolvimento deste estudo.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial (PEI) da UFBA pela oportunidade para a realização do mestrado. A todos os professores, por todo conhecimento compartilhado; Aos meus colegas Fabiana Passos, Felipe Melo, Daniele Vivas, Yamilet Cusa e Airton Carneiro, pelo exemplo de dedicação e sabedoria.

Aos colegas do Laboratório de Gás e Energia (LEN) da Universidade Federal da Bahia, por todo apoio e amizade ao longo de todo mestrado.

Aos proprietários e funcionários da indústria avícola, onde foi aplicado este estudo, pela disponibilidade e colaboração.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001. Desta forma, agradeço pelo suporte financeiro para o desenvolvimento do estudo.

RESUMO

Diante da crescente preocupação com diversas questões ligadas à segurança energética e desenvolvimento sustentável aponta-se a eficiência energética, principalmente no setor industrial, como um importante recurso para atender a futura demanda, assegurar o fornecimento de energia a sociedade e construção de uma política energética sustentável. Diante disto, esta pesquisa aplicada, quantitativa-qualitativa, exploratória-descritiva, bibliográfica e documental, baseada no estado de caso único, propõe uma investigação sobre a eficiência energética de uma indústria do setor avícola, identificando as principais oportunidades para a utilização racional da energia. Para isto, realizou-se uma revisão energética com o intuito de identificar oportunidades de melhoria para o desempenho energético e estabelecer a linha de base e indicadores de desempenho, utilizando como base a norma ABNT NBR ISO 50001. A indústria avícola possui como atividade principal a avicultura de frango de corte. Por meio da revisão energética, verificou-se que a energia elétrica é a fonte de energia mais consumida pela empresa, com uma representatividade de 98,75%. Dentro da delimitação de fronteiras por processo constatou-se que o processo de abate de aves é a maior consumidora de eletricidade, sendo responsável por 76,03% e na identificação dos módulos temáticos de uso significativo de energia verificou-se que o sistema de refrigeração é o maior consumidor, com 84,68%. Demonstrou-se também a existência de potenciais oportunidade de melhoria e adequação em nos módulos temáticos sistema motriz, condicionamento de ar e iluminação. Com a implantação das medidas e adequações propostas contabilizou-se uma economia anual de 182 060 kWh/ano no consumo, R\$ 58 600,00/ano no custo e redução de emissões de 510 quilogramas de CO₂/ano. Com base nas análises estatísticas realizadas foi possível determinar o modelo de linha de base para representar o consumo de energia elétrica. Além disso, elaborou-se indicadores de desempenho energético por *benchmarking*, no qual obteve-se um índice de consumo específico real de 0,26 MWh/t. Elaborou-se também um indicador de consumo do sistema de refrigeração cujo resultado foi de 0,18 kWh/kg. Além do mais, através da avaliação da gestão energética observou-se que o gerenciamento de energia da empresa é praticamente inexistente. Por fim, constatou-se que a indústria avícola possui grande capacidade para aumentar a conservação de energia, sendo as medidas de ações propostas viáveis, factíveis e de grande potencial de aplicação para o alcance da eficiência energética.

Palavras Chaves: ABNT NBR ISO 50001; Eficiência energética, Gestão energética, Indústria avícola; Revisão energética.

ABSTRACT

In view of growing concern with several issues related to energy security and sustainable development energy efficiency, particularly in the industrial sector, is pointed out as an important resource to meet future demand, ensure the supply of energy to society and the construction of sustainable energy policy. Given that, this quantitative-qualitative, exploratory-descriptive, bibliographical and documentary research, based on the single-case state, proposes research on the energy efficiency of a poultry industry, identifying the main opportunities for the rational use of energy. To demonstrate, an energy review was carried out to identify opportunities for improvement in energy performance and to establish the baseline and performance indicators, based on the standard ABNT NBR ISO 50001. The poultry industry has primarily engaged in broiler poultry. Through the energy review, it was verified that the electric energy is the energy source most consumed by the company, with a representative of 98.75%. Within the delimitation of borders by process, it was found that the poultry slaughtering process is the largest consumer of electricity, accounting for 76.03% and in the identification of the thematic modules of significant energy use it was verified that the refrigeration system is the largest consumer, with 84.68%. It was also demonstrated the existence of potential opportunities for improvement and adequacy in thematic modules of the driving system, air conditioning and lighting. With the implementation of the proposed measures and adjustments, an annual saving of 182 060 kWh/year in consumption was recorded, R\$ 58,489.00/year in the cost and reduction of emissions of 510 kilograms of CO₂/year. Based on the statistical analyses carried out, it was possible to determine the baseline model to represent the electric power consumption. Besides that, energy performance indicators were developed by benchmarking, in which an actual specific consumption index of 0.26 MWh/t was obtained. An indicator of consumption of the refrigeration system was also produced, with a result of 0.18 kWh/kg. Moreover, through the assessment of applied energy management it was found that the company's energy management is practically non-existent. Finally, it was verified that the poultry industry has a great capacity to increase energy conservation, and the proposed measures of action are viable, feasible and of great application potential energy efficiency.

Keywords: ABNT NBR ISO 50001; Energy efficiency, Energy management, Poultry industry; Energy review.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Custo da energia elétrica para o setor industrial.....	2
Figura 2 - Evolução do consumo per capita de carne de frango no Brasil.....	5
Figura 3 - Oferta interna de energia por fonte.....	7
Figura 4 - Matriz elétrica brasileira em 2017.....	8
Figura 5 - Consumo energético por setor.....	8
Figura 6 - Emissões de CO2 por fonte e por setor (%).	9
Figura 7 - Classificação geral para os países avaliados.	16
Figura 8 - Pontuação do Brasil por categoria.....	17
Figura 9 - Modelo do sistema de gestão da energia conforme a norma.	19
Figura 10 - Diagrama do planejamento energético.	20
Figura 12 - Fluxograma dos métodos e procedimentos empregados neste trabalho.....	36
Figura 13 - Procedimento de análise das faturas de energia.	54
Figura 14 - Comportamento da produção total de frangos por cabeça abatida e quilogramas.....	63
Figura 15 - Fluxograma do processo de abate das aves.	65
Figura 16 - Diagrama de Pareto consumo das fontes de energia (2016-2017).	72
Figura 17 - Comparação do consumo de eletricidade durante 2016 e 2017 por áreas.....	73
Figura 18 - Comparação da produção de aves durante 2016 e 2017.....	73
Figura 19 - Diagrama de Pareto dos módulos temáticos.....	75
Figura 20 - Fuga de frio devido ao isolamento ineficiente das portas (parte inferior).....	78
Figura 21 - Isolamento ineficiente no isolamento do evaporador (interior da câmara).	79
Figura 22 - Situação dos compressores do Sistema de Refrigeração.	79
Figura 23 - Presença de gelo nas tubulações devido a precariedade dos isolamentos.....	80
Figura 24 - Carregamento dos motores.....	84
Figura 25 - Análise termográfica do quadro de distribuição da Sala de Máquinas.....	87
Figura 26 - Análise termográfica do quadro de distribuição “01” do Frigorífico.	87
Figura 27 - Análise termográfica do quadro de distribuição “02” do Frigorífico.	88
Figura 28 - Gráfico de tendência da demanda da Sala de Máquinas.	89
Figura 29 - Comportamento do consumo da Sala de Máquinas.....	89
Figura 30 - Histórico de reativos excedentes da Sala de Máquinas.	90
Figura 31 - Comportamento do fator de carga da Sala de Máquinas.	90
Figura 32 - Comportamento da demanda do Frigorífico e Outros Módulos.....	91
Figura 33 - Comportamento do consumo do Frigorífico e Outros Módulos.....	92
Figura 34 - Histórico do consumo reativo excedente do Frigorífico e Outros Módulos.....	92
Figura 35 - Comportamento do fator de carga do Frigorífico e Outros Módulos.	93
Figura 36 - Exemplo de armazenagem correta.....	95
Figura 37 - Comparações tarifárias entre as opções horo-sazonais verde e azul para Sala de Máquinas.	104
Figura 38 - Comparações tarifárias entre as opções horo-sazonais verde e azul para Frigorífico e Outros Módulos.....	106
Figura 39 - Potenciais de conservação e aumento resultante das adequações nos principais módulos temáticos.	113
Figura 40 - Gráfico de dispersão e correlação.	115
Figura 41 - Gráfico de dispersão e correlação do consumo das indústrias avícolas em relação à produção.....	117
Figura 42 - Consumo anual de energia elétrica em função da produção anual para diferentes empresas do setor avícola.	118
Figura 43 - Gráfico papel de probabilidade e histograma de frequência dos resíduos do modelo.	119
Figura 44 - Gráfico de controle do índice do consumo de eletricidade.	120

Figura 45 – Índice de consumo específico de energia elétrica em relação a produção anual.	121
Figura 46 – Gráfico de radar da avaliação de gestão de energia da Indústria Avícola A.	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da produção, e matrizes de corte de carne de frango no Brasil.	4
Tabela 2 - Resultados anuais do Procel entre 2013 e 2017.	13
Tabela 3 - Atividades desenvolvidas na auditoria energética por nível.	23
Tabela 4 - Fenômenos térmicos que influenciam no cálculo das cargas térmicas.	29
Tabela 5 - Iluminância média para iluminação artificial em áreas do ambiente de abate.	30
Tabela 6 - Máxima Temperatura Admissível (MTA).	31
Tabela 7 - Divisão dos grupos de consumidores.	32
Tabela 8 - Áreas de fronteira delimitadas.	37
Tabela 9 - Resumo da auditoria energética nos módulos temáticos significativos.	40
Tabela 10 - Principais informações coletadas no sistema de refrigeração e suas descrições.	41
Tabela 11 - Temperatura recomendada para o sistema de refrigeração.	46
Tabela 12 - Valores dos coeficientes A0 e B0 em relação ao número de polos.	48
Tabela 13 - Principais informações coletadas no sistema de climatização e suas descrições.	50
Tabela 14 - Principais informações coletadas no sistema de iluminação e suas descrições.	51
Tabela 15 - Quantidade mínima de pontos a serem medidos.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 16 - Índice de refletância de superfícies.	52
Tabela 17 - Níveis para caracterização na matriz de gestão de energia.	61
Tabela 18 - Dados do consumo de energia total de 2016 e 2017 convertidos em toneladas equivalentes de petróleo (tep).	71
Tabela 19 - Consumo de energia elétrica em 2016 e 2017 por áreas.	72
Tabela 20 - Consumo de energia elétrica por fronteiras.	74
Tabela 21 - Características das câmaras frigoríficas, túneis de congelamento e contêineres refrigerados.	76
Tabela 22 - Potência instalada do Sistema de Refrigeração.	76
Tabela 23 - Descrição dos componentes instalados nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento.	77
Tabela 24 - Cálculo de carga térmica das câmaras frigoríficas e túneis de congelamento.	80
Tabela 25 - Perda devido à inexistência de termostato ou pressostato.	81
Tabela 26 - Comparação da temperatura dos ambientes refrigerados à temperatura admissível pela Portaria SDA/MAPA/210/1998.	82
Tabela 27 - Informações e carregamento dos motores dos compressores do Sistema de Refrigeração.	83
Tabela 28 - Iluminância média medida e níveis de iluminância exigidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.	86
Tabela 29 - Sistema proposto para adequação do sistema de refrigeração.	96
Tabela 30 - Sistema atual versus sistema proposto para adequação do sistema de refrigeração.	97
Tabela 31 - Resultado do cálculo luminotécnico para alcançar a iluminância sugerida pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.	98
Tabela 32 - Resultado do redimensionamento dos motores elétricos de baixo carregamento.	100
Tabela 33 - Melhorias no carregamento, fator de potência e rendimento médio do Sistema Motriz.	101
Tabela 34 - Proposta de adequação do sistema de condicionamento de ar.	101
Tabela 35 - Situação atual e proposta para readequação do sistema de iluminação de acordo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.	103
Tabela 36 - Investimento necessário para adequação e melhoria da eficiência energética do sistema de refrigeração.	107
Tabela 37 - Resultados econômicos para proposta para o sistema de refrigeração.	109
Tabela 38 - Investimento necessário para adequação e melhoria da eficiência energética do sistema motriz.	109

Tabela 39 – Resultados econômicos das medidas propostas para o sistema motriz.	110
Tabela 40 - Investimento necessário para adequação e melhorias do sistema de condicionamento de ar.....	110
Tabela 41 - Investimento necessário para adequação e melhorias do sistema de iluminação.....	111
Tabela 42 – Comparação de consumo do sistema de iluminação.	111
Tabela 43 - Resultado final da matriz de decisão ou priorização.	114
Tabela 44 – Resumo dos resultados da regressão para modelo de linha de base.	116
Tabela 45 – Empresas selecionadas para o benchmarking e respectivas informações.....	117
Tabela 46 – Resumo dos resultados da regressão para modelo para elaboração da linha de base.....	118
Tabela 47 – Matriz de gestão de energia da Indústria Avícola A.....	123
Tabela 48 – Sumário de avaliação de gestão de energia da Indústria Avícola A.....	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira de Serviços de Conservação de Energia
ABIA	Associação Brasileira da Indústria de Alimentos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ACEEE	<i>American Council for an Energy-Efficient Economy</i>
ACHEE	Agência Chilena de Eficiência Energética
AEE	Ações de Eficiência Energética
AIDA	Associação Industrial do Distrito Aveiro
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning</i>
BEN	Balanco Energético Nacional
BTU	Unidade Térmica Britânica
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
CIE	<i>International Commission on Illumination</i>
CNI	Conferência Nacional da Indústria
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
CONPET	Programa de Racionalização de Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural
CONSERVE	Programa de Conservação de Energia Elétrica
cv	Cavalo-Vapor
DIPOA	Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FC	Fator de Carga
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FP	Fator de Potência
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDE	Indicador de Desempenho Energético

IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEC	<i>International Electrical Commission</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LBE	Linha de Base Energética
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MTA	Máxima Temperatura Admissível
NBR	Norma Brasileira
ONIDI	<i>Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo</i>
PBE	Programa Brasileiro de Energia
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIB	Produto Interno Bruto
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROALCOOL	Programa Nacional do Alcool
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SDA	Secretaria do Desenvolvimento Agrário
SGE	Sistema de Gestão de Energia
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TR	Tonelada de Refrigeração
VPL	Valor Presente Líquido
Wt	Watt Térmico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo geral	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	6
2. REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1 MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL.....	7
2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	9
2.2.1 Eficiência Energética no Brasil	10
2.2.2 Principais Programas de Eficiência Energética no Brasil e seus Resultados ... 11	
2.2.2.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).....	11
2.2.2.2 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)	12
2.2.2.3 Programa Nacional Da Racionalização Do Uso Dos Derivados Do Petróleo E Do Gás Natural (CONPET)	13
2.2.2.4 Programa de Eficiência Energética (PEE).....	13
2.2.2.5 Histórico de Leis, Artigos e Resoluções	14
2.2.3 Atual Situação da Eficiência Energética no Brasil	15
2.3 SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA – ABNT NBR ISO 50001	17
2.3.1 Escopo e principais itens	18
2.3.2 Revisão Energética	21
2.3.2.1 Auditoria Energética	21
2.3.3 Linhas de base energética	23
2.3.4 Indicadores de desempenho energético	24
2.4 MÓDULOS TEMÁTICOS	26
2.4.1 Sistema de refrigeração	26
2.4.1.1 Abordagem qualitativa	26
2.4.1.2 Abordagem quantitativa	27
2.4.2 Sistema motriz	28
2.4.3 Sistema de condicionamento de ar	29
2.4.4 Sistema de iluminação	29
2.4.5 Quadro de distribuição de circuitos	30
2.4.6 Análise tarifária	31
2.5 METODOLOGIAS APLICADAS NA INDÚSTRIA PARA AVALIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	33
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36

3.1 REVISÃO ENERGÉTICA.....	38
3.2 ANÁLISE DOS USOS E CONSUMOS DE ENERGIA	38
3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO SIGNIFICATIVO DE ENERGIA.....	39
3.3.1 Auditoria energética dos módulos temáticos	40
3.3.1.1 Sistema de refrigeração.....	41
3.3.1.2 Sistema motriz	47
3.3.1.3 Sistema de condicionamento de ar	49
3.3.1.4 Sistema de iluminação.....	50
3.3.1.5 Quadros de distribuição de circuitos	53
3.3.1.6 Análise tarifária.....	53
3.4 IDENTIFICAÇÃO, PRIORIZAÇÃO E REGISTRO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO	55
3.4.1 Estudo de viabilidade econômica das alternativas de melhoria do desempenho energético.....	55
3.4.2 Matriz de decisão ou priorização das alternativas de melhoria do desempenho energético.....	57
3.5 LINHA DE BASE ENERGÉTICA	57
3.6 INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO.....	59
3.7 AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA.....	61
4. DESCRIÇÃO DA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO.....	63
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	63
4.2 PROCESSO PRODUTIVO.....	64
4.2.1 Processo de criação das aves.....	64
4.2.2 Processo de abate das aves.....	65
4.2.3 Processos secundários	68
4.3 INSTALAÇÕES.....	68
4.3.1 Galpões de criação	68
4.3.2 Frigorífico.....	69
4.3.3 Sala de Máquinas.....	70
4.3.4 Outros Módulos	70
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO	71
5.1 ANÁLISE DE USO E CONSUMO DE ENERGIA	71
5.2 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO SIGNIFICATIVO DE ENERGIA.....	74
5.2.1 Auditoria Energética dos Módulos Temáticos.....	75
5.2.1.1 Sistema de refrigeração.....	75
5.2.1.2 Sistema motriz	83
5.2.1.3 Sistema de condicionamento de ar.....	85
5.2.1.4 Sistema de iluminação.....	85

5.2.1.5	Quadro de distribuição e circuito	87
5.2.1.6	Análise tarifária.....	88
5.3	IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO	93
5.3.1	Sistema de refrigeração.....	94
5.3.2	Sistema motriz	99
5.3.3	Sistema de condicionamento de ar	101
5.3.4	Sistema de iluminação	102
5.3.5	Quadro de distribuição e circuito	103
5.3.6	Análise tarifária	104
5.4	ANÁLISE DE INVESTIMENTO PARA ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS E ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA AS ALTERNATIVAS DE REDUÇÃO DE PERDA	107
5.4.1	Sistema de refrigeração.....	107
5.4.2	Sistema motriz	109
5.4.3	Sistema de condicionamento de ar	110
5.4.4	Sistema de iluminação	111
5.4.5	Avaliação geral das análises econômicas	112
5.4.6	Matriz de decisão ou priorização das alternativas de melhoria do desempenho energético.....	113
5.5	LINHAS DE BASE ENERGÉTICA.....	114
5.6	INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO.....	119
5.7	AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA AVÍCOLA A	122
6.	CONCLUSÕES.....	126
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	129
	REFERÊNCIAS	130
	APÊNDICES	141
	ANEXOS	154

1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética vem se tornando um ponto recorrente nas discussões sobre demanda energética e transições energéticas em nível global, sendo considerada como um importante recurso energético para que as metas de sustentabilidade sejam atingidas e para o desenvolvimento econômico e social de todos os países. Além de auxiliar na economia de energia e redução das emissões de gases de efeito estufa, a eficiência energética traz benefícios como segurança energética, preços de energia, impactos macroeconômicos, entre outros (IEA, 2017).

No Brasil a preocupação com a eficiência energética surgiu com a primeira crise do petróleo, em meados da década de 1970. Diante da escassez deste recurso e a alta dos preços dessa fonte energética, foram tomadas uma série de ações voltadas à conservação e maior eficiência no uso de seus derivados, bem como uma corrida para a diversificação da matriz energética do país (MME, 2011).

Muitas destas ações foram direcionadas para o setor industrial, visto que esse era e continua sendo o maior consumidor de energia. Conforme Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2018a), por meio do Relatório do Balanço Energético Nacional, este setor responde por 32,9% de toda energia consumida no Brasil.

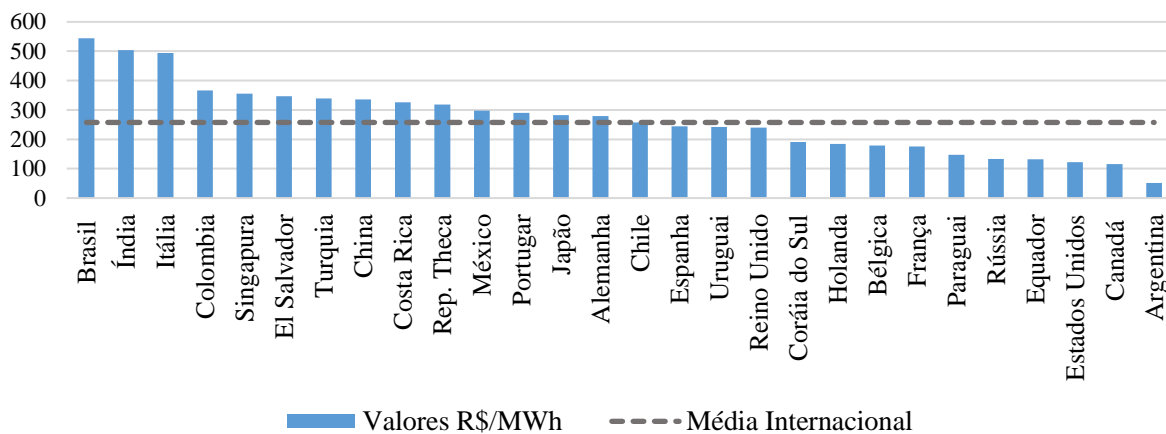
No entanto, apesar de todos estes esforços para obter melhorias na eficiência energética, o Brasil possui políticas sobre a eficiência e desempenho energético atrasados, em relação aos principais consumidores de energia do mundo. Como o foco principal da política energética do país encontra-se voltado para a produção de energias renováveis, o grande potencial da eficiência energética fica inexplorado (ACEEE, 2016).

A adoção de técnicas e programas de eficiência energética é reconhecida como uma das alternativas mais rentáveis em curto prazo, tanto para atender às necessidades energéticas quanto para minimizar o impacto da mudança climática global. Além disto, as oportunidades de redução dos custos e desperdícios do consumo energético vem despertado à atenção para a Gestão de Energia normatizada pela ABNT NBR ISO 50001 como um potencializador para o alcance da eficiência energética, principalmente para o setor industrial (CUSA, VIANA e TORRES, 2017).

Na indústria o consumo de energia elétrica representa um dos custos mais elevados para o processo produtivo e, devido à falta de chuva e do aumento na demanda das usinas termelétricas no Brasil, este custo tende a aumentar. Um estudo realizado pela Federação das

Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN, com dados de 28 países, destaca o Brasil como o país onde a indústria paga mais pelo megawatt-hora, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Custo da energia elétrica para o setor industrial.



Fonte: Adaptado de FIRJAN (2015).

Diante deste cenário, as indústrias brasileiras devem buscar cada vez mais técnicas e programas de eficiência energética ou modelos de gestão energética tendo em vista alcançar melhorias no desempenho energético, aumento na eficiência energética, diminuição dos impactos ambientais, redução dos custos e aumento da competitividade.

Um segmento de destaque dentro do setor industrial brasileiro é o de alimentos e bebidas, constituindo o maior consumidor final do setor. Dentro deste segmento, a indústria de abate de animais e processamento de carnes e derivados, representada principalmente pela produção de carne bovina, suína e de frango, apresenta importância significativa para a economia do Brasil, que se apresenta como segundo maior produtor mundial de carne e primeiro maior exportador (EPE, 2018b).

A produção de carne de frango no Brasil passou por uma série de mudanças nas últimas décadas, que resultaram no crescimento e desenvolvimento da atividade e alcançando sucesso tanto na produção como no acesso aos mercados internos e externos. Conforme o Anuário 2018 da revista *Avicultura Industrial* (2017), a avicultura industrial gera volumosas receitas cambiais, sendo uma indústria de grande importância para economia e melhoria dos indicadores sociais do país.

Diante do crescente aumento na produção e consumo de carne de frango, as indústrias avícolas brasileiras devem buscar a qualidade e eficiência de seus sistemas em função da competitividade do mercado. Para alcançar este objetivo todos os agentes envolvidos na

elaboração da matéria prima, desde a criação aos setores de venda, devem estar atentos a ações que auxiliem na redução de custos, otimização de processos, gestão da qualidade e conservação dos recursos energéticos.

Desta maneira, este trabalho propõe uma investigação acerca do uso racional de energia no setor industrial, especificamente na indústria de abate e processamento de carne de frango, por meio de uma metodologia baseada na norma ABNT NBR ISO 50001, visando identificar os desafios para implantação de medidas de eficiência energética e propor melhorias para o desempenho energético.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma investigação da eficiência energética em uma indústria avícola visando identificar oportunidades para o uso racional de energia, indicadores energéticos, custos e controle do consumo de energia.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar métodos de eficiência energética e gestão energética no setor industrial;
- Realizar uma revisão energética em uma indústria avícola baseada na ABNT NBR ISO 50001 e normas complementares com o intuito de identificar oportunidades para melhoria do desempenho energético;
- Sugerir alternativas que proporcionem melhorias para o desempenho energético da indústria e avaliar o investimento necessário;
- Estabelecer a linha de base e indicadores de desempenho que possibilite a comparação com dados encontrados na literatura e dados de empresas do setor avícola;
- Avaliar a gestão energética atual da empresa do estudo de caso.

1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O setor industrial é o maior consumidor de energia final do Brasil, sendo considerado um setor de uso intensivo. Diante da grande preocupação com diversas questões ligadas à segurança energética, escassez de recursos naturais e condições hidrológicas desfavoráveis, aponta-se a

eficiência energética, sobretudo no setor industrial, como um importante e estratégico recurso no atendimento da futura demanda e segurança do fornecimento de energia a sociedade (FABBRIANI, 2017).

No setor industrial, o segmento de alimentos e bebidas apresenta-se como o maior consumidor final, sendo responsável por aproximadamente 27,4% do consumo do setor, equivalendo a 9% do consumo final total de energia do país (EPE, 2018a). Conforme EPE (2018b), a fabricação e refino de açúcar respondem por 73,83 % da energia total consumida pelo segmento, seguidos pela produção de bebidas com 10,04% e o abate de animais e processamento de carnes e derivados com 6,39%.

A indústria de alimentos e bebidas é uma das principais indústrias de processamento do Brasil. Conforme Associação Brasileira das Indústrias de Alimento - ABIA (2018), com um contingente de 35,6 mil unidades industriais instaladas, a indústria brasileira de alimentos e bebidas representou 9,8% do produto interno do país de 2017, com faturamento equivalente a R\$ 642,6 bilhões. A produção agrega mais de 850 tipos de produtos e 1,6 milhões de empregos diretos.

Diante deste cenário, o segmento de alimentos apresenta características importantes no setor produtivo do Brasil, como um dos indicadores de destaques encontra-se a produção e exportação de carne. O Brasil é reconhecido internacionalmente como o “celeiro do mundo”. Devido a grandes campos de grão, terras férteis e clima favorável, o país assumiu para si a responsabilidade, como parceiro, na segurança alimentar de diversos países do mundo (ABPA,2018a).

Atualmente, mais de 150 mercados são importadores de carne de frango do Brasil. O país é o segundo maior produtor de frango de corte, alcançando a marca de aproximadamente 13 600 mil toneladas no ano de 2017, ficando atrás apenas dos Estados Unidos com aproximadamente 18 600 mil toneladas. A Tabela 1 apresenta a evolução na produção e matrizes de corte de carne de frango.

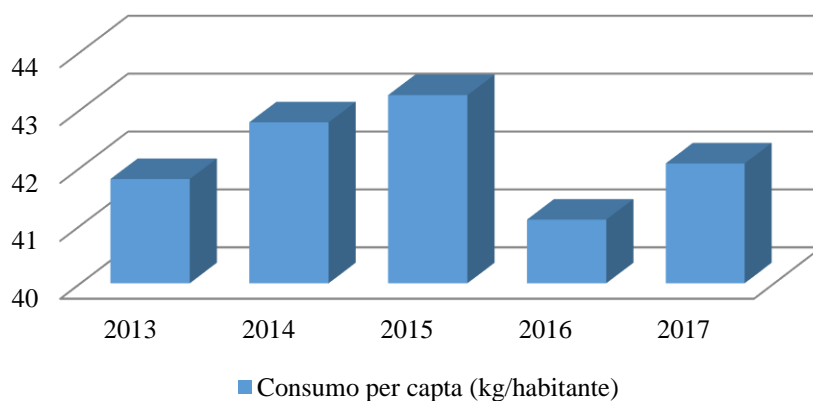
Tabela 1 - Evolução da produção, e matrizes de corte de carne de frango no Brasil.

Ano	Produção (Milhões de Toneladas)	Matrizes de corte (unidade)
2013	12,31	46 142 775
2014	12,69	49 333 326
2015	13,14	50 704 776
2016	12,90	50 524 652
2017	13,05	50 182 696

Fonte: Adaptado de ABPA (2018b).

A produção de carne de frango brasileira foi 66,9% destinada ao mercado interno e 33,1% as exportações. Internamente, o consumo per capita em 2017 cresceu em 1,8%, obtendo um volume da ordem de 42 kg/habitante. Pela Figura 2 é possível visualizar a evolução do consumo per capita da carne de frango no Brasil.

Figura 2 - Evolução do consumo per capita de carne de frango no Brasil.



Fonte: Adaptado de ABPA (2018b).

De acordo com Liang, Harding e Nutter (2014), a energia representa a terceira maior despesa operacional em plantas de processamento de aves. Desta forma, a eficiência energética tem grande impacto não só na competitividade de cada empresa, mas também no meio ambiente, incluindo na redução das emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes. Conforme Bueno (2008), com o uso eficiente e a conservação da energia nas indústrias avícolas de frango de corte pode-se melhorar a competitividade e rentabilidade, diminuir custos e, associada a modernização industrial, aumentar a qualidade final dos produtos.

Apesar das vantagens obtidas nas ações de eficiência energética, muitas empresas enfrentam dificuldades em definir um ponto de partida para a realização de melhorias com foco em energia (LEITE, 2010). Para Corteletti (2015) muitas indústrias não possuem sistema ou controle de consumo de energia e a medição do potencial de eficiência energética passa a ser um desafio devido a sua difícil caracterização quantitativa.

Diante do exposto, a realização de uma revisão energética utilizando como base a ABNT NBR ISO 50001 proporciona a avaliação do desempenho energético da indústria, com base em dados históricos das faturas de energia e da auditoria energética, conduzindo a identificação de oportunidades de melhorias e a implantação de controle energético eficiente. Verifica-se,

portanto, um potencial para aplicação em ações de eficiência energética no setor industrial brasileiro e, sobretudo, no setor avícola.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos, detalhados a seguir:

O Capítulo 1 possui caráter introdutório e aborda a contextualização do tema, a justificativa e relevância do tema de pesquisa e os objetivos geral e específicos.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão geral sobre eficiência energética e gestão energética. De início são expostos os cenários e as perspectivas da matriz energética brasileira. Logo após, a conceituação da eficiência energética foi apresentada, bem como histórico de programas e ações propostos, seus resultados e desenvolvimento no Brasil. Em seguida, foram explorados os principais itens da ABNT NBR ISO 50001. Ainda neste capítulo, efetuou-se uma apreciação da eficiência energética nos principais módulos temáticos existentes na indústria avícola e de metodologias aplicadas na indústria para avaliação e implantação da eficiência energética.

No Capítulo 3 são apresentados os procedimentos metodológicos para a elaboração desta dissertação e execução da revisão energética, tendo como base na ABNT NBR ISO 50001 e suas normas complementares.

O Capítulo 4 discorre sobre a descrição da indústria, caracterizando-a e descrevendo seus processos produtivos e instalações.

O Capítulo 5 fornece os resultados e análises do estudo de caso realizado na indústria avícola, apontando as principais causas de desperdícios de energia, centros de maior consumo, indicadores energéticos, a linha de base energética e oportunidades de melhoria do desempenho energético.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e perspectivas para trabalhos futuros.

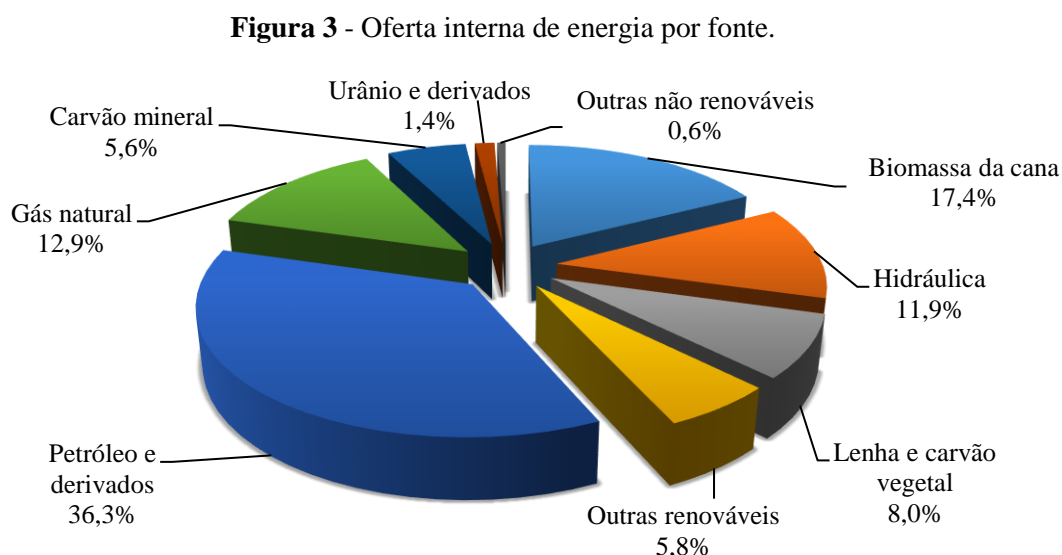
Por fim, a seção de Referências apresenta a relação de obras bibliográficas citadas ao longo da dissertação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL

No Brasil, conforme o EPE (2018a), por meio do Balanço Energético Nacional 2018 – ano base 2017, a oferta interna de energia atingiu 293,5 Mtep, marcando um acréscimo de 1,8% em relação ao ano de 2016, decorrente da retomada da atividade econômica e do crescimento de 1,0% do PIB nacional.

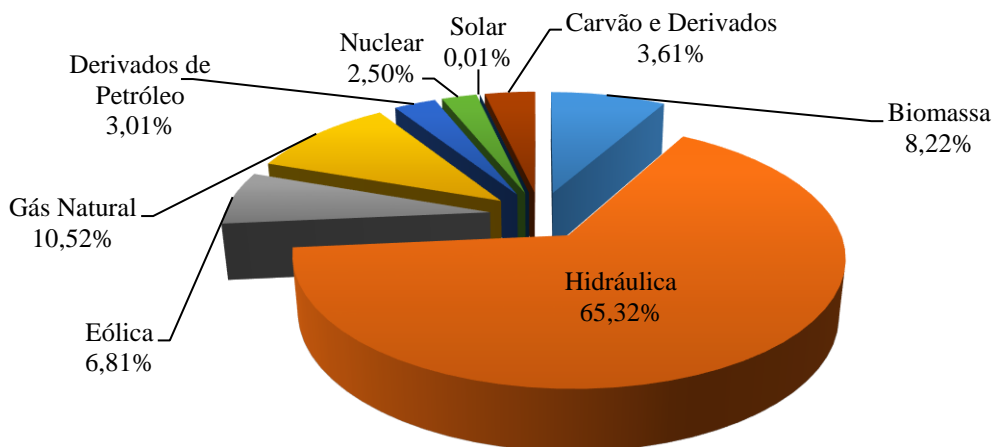
No ano de 2017 as fontes renováveis obtiveram uma redução de 43,5% para 43,2% em relação ao anterior, decorrente do expressivo recuo da fonte hidráulica que acabou anulando o desempenho positivo das demais fontes renováveis. A Figura 3 ilustra a composição da oferta interna de energia.



Fonte: Adaptado de EPE (2018a).

Segundo EPE (2018c), a matriz elétrica brasileira é predominantemente renovável, respondendo por 80,47% da oferta interna de energia elétrica do ano de 2017, inferior em 1,3% ao verificado em 2016. A oferta interna de energia elétrica apresentou um crescimento de 4,6 TWh decorrente dos aumentos de 26,5% na oferta por eólica e de 16,2% por gás natural. A geração solar obteve aumento de 876%, no entanto por uma base ainda baixa em 2016. Por sua vez, a geração hidráulica ficou menos acentuada em 2017, alcançando 65,2% da oferta interna de energia elétrica, contra os 68,1% verificados anteriormente. A Figura 4 ilustra a composição da matriz elétrica no país em 2017.

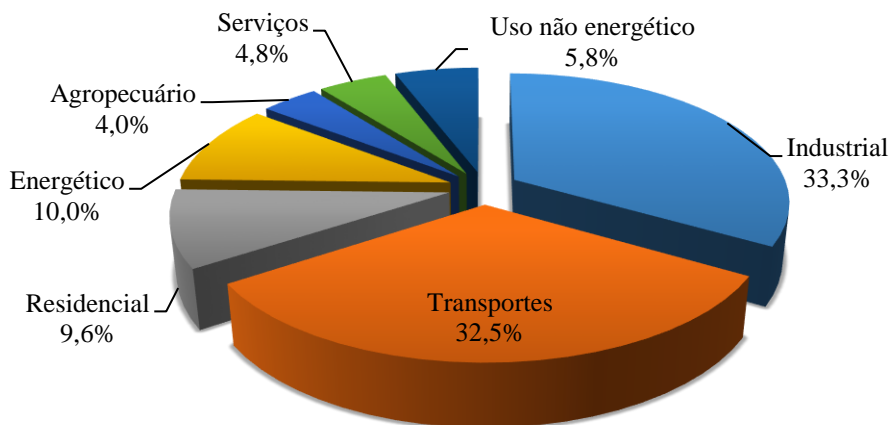
Figura 4 - Matriz elétrica brasileira em 2017.



Fonte: Adaptado de EPE (2018a).

Assim como a oferta interna, o consumo final, energético e não energético, avançou 1,7% em relação a 2016, obtendo destaque na expansão de 2,6% e 2,3% nos consumos pelos setores industrial e de transporte, respectivamente. Do mesmo modo, o consumo final de eletricidade registrou um aumento de 0,9%, sendo os setores comercial (+1,5%) e industrial (+1,1%) os que mais contribuíram para este crescimento. A Figura 5 mostra o consumo energético brasileiro por setor.

Figura 5 - Consumo energético por setor.



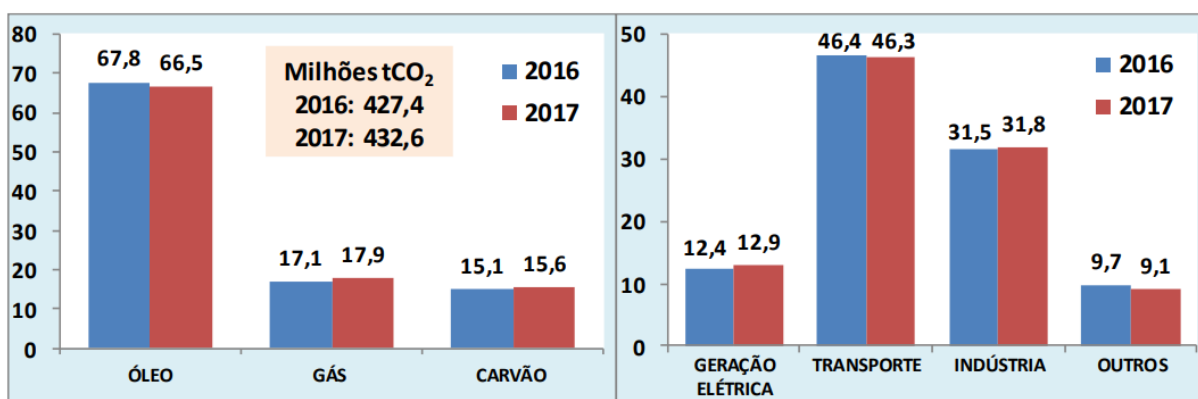
Fonte: Adaptado de EPE (2018a).

De acordo com o EPE (2018c), a relação entre as emissões de CO₂ pelo uso de energia e a demanda total de energia em 2016 ficou em 1,47 tCO₂/tep, apresentando queda em relação ao ano anterior, em razão da atenuação da participação de fontes não renováveis na oferta interna

de energia e uma expansão do gás natural. A participação expressiva da energia hidráulica e da bioenergia na matriz brasileira proporcionaram indicadores de emissões menores do que a média mundial (2,34 tCO₂/tep) e dos países desenvolvidos (2,21 tCO₂/tep).

A Figura 6 ilustra o total de emissões de CO₂ por fonte e por setor, deixando claro que a geração elétrica e a indústria aumentaram a participação nas emissões, decorrente ao aumento relativo da geração por fontes fósseis e pelo aumento do uso de carvão mineral na siderurgia (EPE, 2018b).

Figura 6 - Emissões de CO₂ por fonte e por setor (%).



Fonte: EPE (2018c).

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf, divulgado pelo MME (2011), estabelece que eficiência energética refere-se à:

[...] ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos. Objetiva, em síntese, atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária e, portanto, menor impacto da natureza.

A oferta de um serviço de energia exige uma cadeia de transformações, transporte e estocagem com origem nas fontes primárias, ou seja, nas formas disponíveis na natureza tanto de origem renovável (solar direta, eólica, hidráulica, cana de açúcar e madeira) quanto não renovável (petróleo, gás natural, carvão mineral e nuclear).

As ações de EE compreendem modificações ou aperfeiçoamentos tecnológicos ao longo da cadeia, mas podem também resultar de uma melhor organização, conservação e gestão energética por parte das entidades que a compõem. Devem ser privilegiadas todas as ações que, na margem, tenham um custo inferior ao necessário para suprir a energia economizada.

A IEA (2017) considera a eficiência energética como o “primeiro combustível” e elemento essencial para transição energética, por ser o único recurso econômico que todos os países possuem em abundância. Neste sentido, destaca que políticas robustas de eficiência energética são vitais para atingir os objetivos da política de redução de custos, abordar a mudança climática e a poluição atmosférica local, melhorar a segurança energética, aumentar o acesso à energia, entre outros.

A eficiência energética é considerada uma das maneiras mais econômicas de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e uma das formas mais importantes de mitigar as mudanças climáticas (KERMELI, GRAUS E WORROELL, 2014). Para Lackner (2012) a eficiência energética descreve o menor uso de energia para atingir o mesmo nível de serviço, sendo um conceito universalmente aplicável, relevante tanto para consumidores residenciais quanto para a industrial, que pode ser alcançado através do uso de tecnologias mais eficientes, aprimoramento dos processos ou mudanças comportamentais.

Diante dos benefícios da eficiência energética grandes esforços para medir, entender suas tendências, investigar seu impacto no consumo de energia e elaborar políticas eficazes foram realizados nas últimas quatro décadas (PÉREZ-LOMBARD, ORTIZ e VELÁZQUEZ, 2013). No Brasil estes esforços foram acentuados na década de oitenta com a criação de programas e mudanças na estrutura legal. A seção seguinte detalha o histórico de implantação de ações de eficiência energética no Brasil.

2.2.1 Eficiência Energética no Brasil

Durante o primeiro choque do petróleo os países importadores sentiram mais severamente e suas economias sentiram o duplo impacto da recessão mundial e do aumento dos déficits em seus balanços de pagamento. No Brasil, a estratégia do governo para contornar os efeitos da crise centrou-se em empréstimos internacionais para cobrir os crescentes déficits provocados pela importação de petróleo e derivados. Além disto, estimulou-se a busca de medidas para redução da dependência energética, através do aumento de geração de energia hidrelétrica, da busca por reservas de petróleo continental e da implantação do PROALCOOL. Estas medidas contribuíram para a diversificação da matriz energética e proporcionaram maior segurança no atendimento à demanda de energia (PIMENTEL, 2011; MME, 2011).

Apesar destes esforços, a economia brasileira ainda apresentava-se vulnerável na ocasião do segundo choque do petróleo, a política energética adotada não conseguiu atingir os resultados esperados no curto prazo, sendo incapaz de livrar o país da dependência externa.

Apesar do sucesso alcançado na redução do consumo de gasolina com o programa do álcool e a política de preços adotados, os consumos de óleo combustível e diesel continuaram a crescer, principalmente pelo setor industrial, devido à ausência de uma política específica, pressionando as importações de petróleo. Então, com o objetivo de estimular a conservação e substituição destes combustíveis, o governo adotou uma política de conservação de energia por meio do Programa Conserve (PICCINNI, 1994; VIANNA, RAMOS e PEREIRA, 2010).

O Conserve foi o primeiro esforço rumo a economia de energia no país, sendo o responsável pela transferência de responsabilidade da conservação de energia para o setor elétrico, devido ao crescimento da demanda por energia elétrica para fins térmicos no setor industrial. Na sequência, várias ações e programas voltados à eficiência energética foram criados, mas o uso eficiente da energia elétrica foi intensificado após a crise de energia ocorrido em 2001, pois, a partir de então, percebeu-se que as ações realizadas até o momento não estavam direcionadas para o lado da demanda e sim da oferta (CLAUDINO, 2016).

2.2.2 Principais Programas de Eficiência Energética no Brasil e seus Resultados

Para Haddad (2009) o potencial de conservação da energia existente no país deve ser utilizado de forma estratégica tendo em vista o atendimento futuro e a expansão do mercado. Como forma de melhorar a eficiência energética no Brasil muitas ações foram realizadas, entre estas destacam-se: o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), o Programa Nacional de Racionalização de Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET), e o Programa de Eficiência Energética (PEE).

2.2.2.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

O Programa Brasileiro de Etiquetagem foi criado em 1984, resultado do Protocolo firmado entre o Ministério da Indústria e do Comércio e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso de energia no país, provendo aos consumidores informações sobre o consumo energético de cada produto, que lhes permita avaliar e selecionar aqueles de maior eficiência em relação ao consumo.

A partir de 2001, o programa PBE teve seu conteúdo reforçado com a publicação da lei nº 10.295/2010, conhecida como a Lei da Eficiência Energética, com o estabelecimento de níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética de máquinas e

aparelhos consumidores de energia e a obrigatoriedade de cumprimento destes níveis por fabricantes e importadores (MME, 2011).

Conforme o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE (2015), os principais resultados do PBE foram R\$ 23 bilhões de economia, desde 2009, com o incentivo de substituição das lâmpadas não eficientes e R\$ 6 bilhões de economia, desde 2000, com a substituição de refrigeradores e condicionadores de ar.

2.2.2.2 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica foi instituído em 1985, pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio e gerido pela por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobrás, sendo transformado em programa de governo por meio de Decreto Presidencial em 1991, quando teve sua atuação ampliada. A missão do Procel é “promover a eficiência energética, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e eficiência dos bens e serviços, reduzindo os impactos ambientais” (PROCEL, 2018).

O Procel promove ações de eficiência energética em diversos segmentos da economia, por meio de subprogramas específicos com propósito informativo/educativo, tecnológico ou de apoio direto a setores específicos, como: Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética - Procel Info, Eficiência Energética em Edificações – Procel Edifica, Eficiência Energética em Equipamentos - Procel Selo, Eficiência Energética Industrial - Procel Indústria, entre outros.

Segundo o relatório de resultados do Procel 2018, ano base 2017, o programa contribuiu para uma economia de 21,2 bilhões de kWh, equivalente a 4,57% de todo o consumo nacional de energia elétrica, o que contribui para evitar que 1,965 milhão de tCO₂ equivalentes fossem liberadas na atmosfera.

O investimento total em ações de eficiência energética do Procel no período de 1986 a 2017 foi cerca de R\$2,97 bilhões, obtendo uma economia de energia total da ordem de 128,6 bilhões de kWh (PROCEL, 2018). Na Tabela 2 são apresentados os principais resultados energéticos contabilizados pelo programa.

Tabela 2 - Resultados anuais do Procel entre 2013 e 2017.

	2013	2014	2015	2016	2017
Energia economizada (bilhões de kWh)	9,74	10,52	11,68	15,15	21,20
Redução de Demanda na Ponta (MW)	3.769	4.022	4.453	8.375	6.887
Usina equivalente (MW)	2.337	2.522	2.801	3.634	5.084
Emissões evitadas (mil tCO ₂)	0,935	1,425	1,453	1,238	1,965
Investimentos postergados (R\$ milhões)	1,082	1,178	1,453	1,253	1,965

Fonte: Dados compilados a partir dos resultados anuais do Procel 2013 - 2017.

2.2.2.3 Programa Nacional Da Racionalização Do Uso Dos Derivados Do Petróleo E Do Gás Natural (CONPET)

O Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural foi criado por decreto presidencial em 1991, vinculado ao Ministério de Minas e Energia e executado com apoio técnico e administrativo da Petrobras, “com a finalidade de desenvolver e integrar as ações que visem à racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural, em consonância com as diretrizes do Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia” (CONPET, 2017).

Os principais objetivos do CONPET são racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural, reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera, promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética no uso final da energia, e conscientizar os consumidores sobre a importância do uso racional de energia para o desenvolvimento sustentável e melhor qualidade de vida.

De acordo com a CNPE (2015), os principais resultados desde 2005 foram mais de 30 mil professores em 16 mil escolas treinados no tema Conservação de Energia no Uso do Petróleo e Gás Natural, mais de 1 bilhão de litros de óleo diesel e mais de 6 milhões de m³ de GPL economizados, 2,7 milhões de toneladas de CO₂ e a saída de mais de 70% dos carros com a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

2.2.2.4 Programa de Eficiência Energética (PEE)

Regulado e fiscalizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, o Programa de Eficiência Energética foi instituído em 1998, a partir de obrigação fixada nos contratos de concessão firmados entre as concessionárias de serviço público de distribuição de energia e a Agência. O objetivo do programa é promover o uso eficiente da energia elétrica nos mais diversos setores da economia por meio de ações e projetos que apresentem a importância e a viabilidade econômica na melhoria da eficiência energética de processos, equipamentos e nos

usos finais. Para isto, o mesmo atua em duas maneiras: troca e melhoria de equipamentos e instalações e mudanças de hábitos de consumo (ANEEL, 2013).

De acordo com ANEEL (2016) o principal resultado obtido pelo programa, desde a sua criação até o ano de 2016, foi a consolidação de 1 704 projetos em eficiência energética, a partir de investimentos da ordem de R\$ 5 066 milhões, contemplando setores como iluminação pública, residencial, comercial, prédios públicos, e industriais, além de projetos voltados à gestão energética municipal e ações educacionais. Além de uma economia de energia de 4 629 GWh/ano e demanda retirada da ponta de 1 403MW.

2.2.2.5 Histórico de Leis, Artigos e Resoluções

Com o objetivo de expandir os programas de eficiência energética brasileiros o governo elaborou leis, decretos e resoluções, os quais destacam-se:

- Decreto nº 99.656/1990, vigorada em 26 de outubro de 1990, dispôs sobre a criação de uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) em estabelecimentos que pertençam a órgão ou entidade da Administração Federal direta ou indireta que apresente consumo anual de energia elétrica superior a 600 000 kW/h ou consumo anual de combustível superior a 15 teps.
- Lei nº 9.478/1997, editada em 06 de agosto de 1997, dispôs sobre a política nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE) e a Agência Nacional do Petróleo (ANP). A lei determina os princípios e objetivos da Política Energética Nacional, com interesse principal no aproveitamento racional das fontes de energia.
- Decreto nº 2.335/1997, publicada em 06 de outubro de 1997, constituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) com competência de “incentivar o combate ao desperdício de energia no que diz respeito a todas as formas de produção, transmissão, distribuição, comercialização e uso da energia elétrica”.
- Lei nº 9.991/2000, publicada em 24 de julho de 2000, estabeleceu a obrigatoriedade da realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor elétrico.
- Lei nº 10.295/2001, conhecida como Lei da Eficiência Energética, entrou em vigor em 17 de outubro de 2001, com o intuito de estabelecer os níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados.

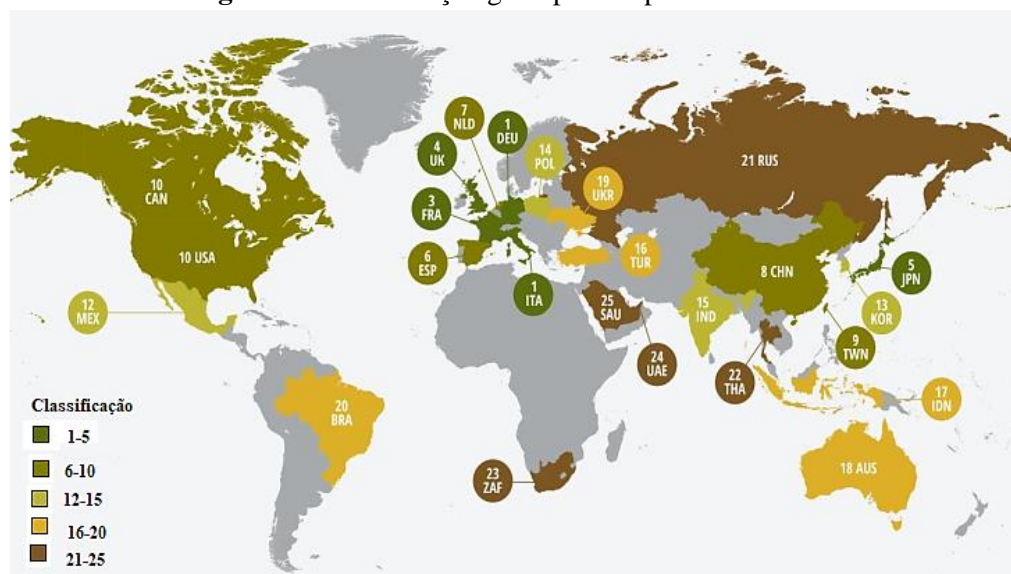
- Lei nº 10.847/2004, expedida em 15 de março de 2004, autorizou a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), encarregada de prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a auxiliar a elaboração do planejamento do setor elétrico.
- Lei nº 12.212/2010, editada em 20 de janeiro de 2010, dispôs sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica e realizou alterações nas Leis nº 9.991/2000 e 10.438/2002. Com estas alterações as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica deverão direcionar no mínimo 60% dos recursos dos seus programas de eficiência energética para unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social.
- Lei nº 13.280/2016, publicada em 03 de maio de 2016, alterou a Lei 9.991/2000 com o intuito de disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética. Com isto, as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica poderão aplicar até 80% dos recursos de seus programas de eficiência energética em unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social.

2.2.3 Atual Situação da Eficiência Energética no Brasil

Apesar de todos os programas, ações, leis e resoluções voltadas à melhoria da eficiência energética, o Brasil apresenta baixos índices de eficiência energética, sobretudo no setor industrial, se encontrando em desvantagem quando comparado aos principais países consumidores de energia (CEBDS, 2014).

Um estudo realizado pela *American Council for an Energy-Efficiency Economy* – ACEEE (2018) avaliou as políticas de eficiência energética e o desempenho de 25 dos principais países consumidores de energia do mundo, utilizando 36 métricas de políticas e desempenho, distribuídas em quatro categorias: edifício, indústria, transporte e esforços nacionais para a eficiência energética. O Brasil atingiu a 20ª classificação, com 36,5 pontos de um total de 100, ficando atrás de economias industrializadas e, até mesmo, emergentes. A Figura 7 apresenta a classificação dos países analisados.

Figura 7 - Classificação geral para os países avaliados.

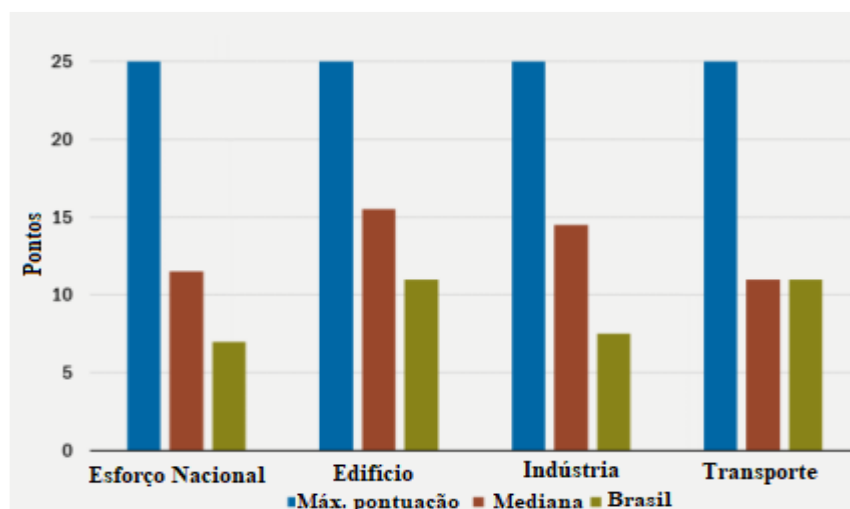


Fonte: Adaptado de ACEEE (2018).

Embora o Brasil tenha uma meta de redução de energia de 10% até 2030, os gastos em eficiência energética são muito baixos em comparação com os outros países analisados. A falta de incentivo de eficiência energética, como programas de empréstimos e créditos fiscais, tem deixado o potencial da eficiência no país inexplorado. Como consequência, na categoria de esforços nacionais para a eficiência energética, o Brasil alcançou 7 pontos, num total de 25, ficando abaixo da média mundial.

Dentre as categorias analisadas, o país obteve uma das menores pontuações na seção industrial, conforme ilustra a Figura 8, alcançando a 21ª colocação mundial e 7,5 pontos. Apesar de ter alcançado uma melhoria em relação ao ranking divulgado em 2016, a eficiência energética na indústria continua sendo uma área de grande oportunidade, visto que este setor é o maior consumidor de energia. Para tal, faz-se necessária a obrigatoriedade da gestão energética, obrigatoriedade da auditoria energética, investimento em P & D, assim como política para apoiar a integração energética nas práticas de gestão através do uso de sistemas de gestão de energia nos padrões da norma ISO 50001.

Figura 8 - Pontuação do Brasil por categoria.



Fonte: Adaptado de ACEEE (2018).

Atualmente a norma ISO 50001 apresenta as melhores práticas internacionais em gestão de energia. No entanto, no Brasil a sua implantação ainda não é difundida. De acordo com a ISO (2017), desde o ano de publicação em 2011 até o final de 2016 no país existiam apenas 22 certificações, sendo um número tímido quando comparado a alguns países.

2.3 SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA – ABNT NBR ISO 50001

O gerenciamento de energia é definido na literatura de diferentes maneiras. Conforme Johansson (2015) o gerenciamento de energia é a prática pela qual uma empresa trabalha estrategicamente com questões de energia. Fiedler e Mircea (2012) definem o gerenciamento de energia como a soma de todas as medidas e atividades planejadas ou executadas para minimizar o consumo de energia de uma organização. O gerenciamento de energia pode ser entendido como atividades de medição, monitoramento, controle e melhoria do desempenho energético e redução dos impactos ambientais para apoiar o alcance dos objetivos gerais de uma organização (Bunse et al., 2011; O’Callaghan e Probert, 1977).

Segundo Frozza et al. (2012) a implantação de um SGE pode ser, em muitos casos, mais eficaz que um programa de eficiência energética, devido ao baixo custo inicial e atuação ampla. Com o objetivo de fornecer as organizações uma guia padronizada para o estabelecimento de um SGE e os requisitos necessários para melhoria do desempenho energético, incluindo eficiência energética, uso e consumo de energia, foi publicada em 2011 a norma ABNT NBR ISO 50001 – Sistema de Gestão de Energia – Requisitos com orientação para uso.

Conforme Kanneganti et al. (2017) com o desenvolvimento da norma ISO 50001, o nível de gerenciamento de energia atraiu a atenção para o gerenciamento de nível superior em termos de melhoria contínua. Pinto (2014) expõe que um sistema de gestão normatizado pela ISO 50001 é um passo adiante para obter o máximo dos benefícios decorrentes das atividades de eficiência energética. Um sistema de gestão normatizado, incorporado à política da organização, pode ter alcance longo e duradouro, conduzindo à criação de um ambiente favorável à cultura da eficiência energética.

ONIDI (2015) e AIDA (2014) destacam que os principais benefícios da implantação de um sistema de gestão energética são:

- Economia nos custos de energia;
- Aumento da produtividade e da competitividade nos mercados internos e externos;
- Priorização de oportunidades de economia de energia, sem custo ou de baixo custo que podem ser aplicadas de forma contínua;
- Redução das emissões de gases de efeito estufa;
- Redução da exposição a variações no preço de energia e fatores externos;
- Maior conhecimento sobre os fluxos de energia das instalações e o custo energético dos processos e as oportunidades de melhoria energética;
- Processo de tomada de decisões com base em informações;

Diversas pesquisas tem citado os resultados e benefícios que podem ser obtidos com a implantação de um sistema de gestão de energia baseado na norma ISO 50001, sobretudo no setor industrial, a exemplo de Ates e Durakbasa (2012) na indústria intensiva de energia na Turquia, Gonzáles, Castrillón e Quispe (2012) na indústria de cimento, Bonacina et al. (2015) na indústria da Itália, Brand, Vosloo e Mathews (2015) na indústria de mineração de ouro e Javied et al. (2018) no cenário da indústria 4.0 .

2.3.1 Escopo e principais itens

Conforme Kanneganti et al. (2017) a ISO 50001 é a mais recente norma de gerenciamento de energia e foi elaborada com o intuito de orientar as organizações a desenvolver a implementar uma política para identificar áreas significativas de consumo de energia e comprometer-se com a redução de energia.

A norma incorpora a gestão energética às práticas cotidianas das organizações, sendo baseada na estrutura de melhoria contínua *Plan-Do-Check-act* (PDCA), conforme Figura 9. De acordo com Fiedler e Mircea (2012) estes termos podem ser expostos da seguinte forma:

- Planejamento (P): Consiste na aquisição de todos os dados e aspectos relevantes sobre energia, determinação de potenciais de economia e definição de metas;
- Executar (D): Se concentra na implantação procedimentos e processos previstos, com a finalidade de melhorar o desempenho energético;
- Verificar (C): Monitora se os objetivos estratégicos e operacionais foram alcançados, bem como a evolução dos processos com referência nas políticas, objetivos e características das operações, bem como documenta os resultados obtidos.
- Agir (A): Consiste na criação de ações voltadas a melhoria contínua do desempenho energético e do sistema de gestão de energia tomando como base os resultados alcançados.

Figura 9 - Modelo do sistema de gestão da energia conforme a norma.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 50001.

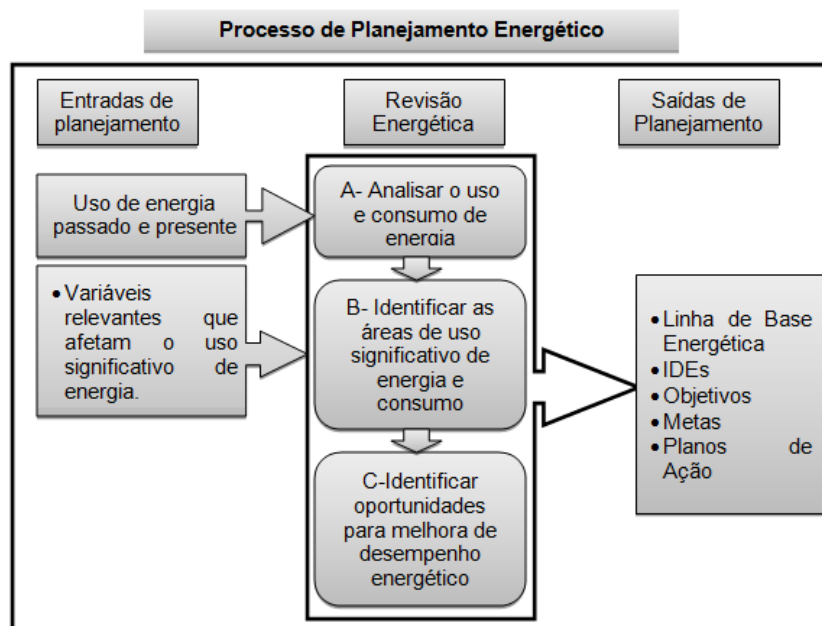
Segundo Fossa (2015), a política energética prescreve formalmente o apoio da alta direção em atingir a melhoria do desempenho energético de uma organização, bem como apoio na aquisição de produtos energeticamente eficientes, garantia de informações e recurso necessários para atingir os objetivos e cumprimento dos requisitos estabelecidos.

O planejamento energético é mencionado por AIDA (2014) como uma das principais etapas e como o direcionador da implantação de um sistema de gestão de energia. O processo de planejamento inicia com o conhecimento dos detalhes da situação energética da organização, a partir de medições e análise das atividades e fatores que afetam o desempenho energético. Em seguida, são identificadas as áreas de uso significativo de energia para que sejam assinaladas

as oportunidades de melhoria do desempenho energético. Com o resultado destas informações, deve-se elaborar a linha de base energética, os indicadores de desempenho energético (IDE) e os objetivos, metas e planos de ação.

Dentro da etapa de planejamento há três pontos-chaves de suporte ao SGE, a revisão energética, a linha de base e os indicadores de desempenho, que serão detalhados posteriormente. A Figura 10 ilustra o diagrama do planejamento.

Figura 10 - Diagrama do planejamento energético.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 50001.

O processo de implantação e operação está inserido na etapa de execução do ciclo PDCA e constitui um núcleo denso de requisitos e metodologias a serem atendidos no estabelecimento do SGE. Neste processo, as medidas que visam garantir o que foi definido na política energética e planejamento energético deverão ser executadas, assegurando que a operação do SGE seja uma prática diária.

A verificação é a terceira etapa do ciclo de melhoria contínua e tem como intuito garantir que os requerimentos para o SGE sejam cumpridos e que a efetiva avaliação do desempenho energético seja monitorada, medida e analisada em intervalos planejados. Para isto, um plano de medição e verificação, apropriado ao tamanho e características da empresa, deve ser definido, implantado e documentado.

A análise crítica pela direção, correspondente à etapa agir do ciclo PDCA, compreende o processo de revisão e análise da situação, dos avanços e perspectivas do sistema de gestão de energia, contando com a participação da alta direção da empresa. Esta deve ser executada em

períodos de tempo programado e os seus resultados devem promover as alterações necessárias nos diversos elementos do SGE (FOSSA, 2015).

2.3.2 Revisão Energética

De acordo com a ABNT NBR ISO 50001, a revisão energética é conceituada como a “determinação do desempenho energético da organização com base em dados e em outras informações conduzindo à identificação de oportunidades de melhoria”, sendo definida por Fossa e Sgarbi (2017) como a principal etapa do planejamento energético, visto que suas ações servirão de base para as demais atividades desenvolvidas no SGE.

O objetivo da revisão energética é examinar o uso de energia de forma sistemática e concentrar esforços na identificação das oportunidades mais significativas. Para isso, uma organização deverá seguir alguns requisitos, como analisar o uso e consumo de energia, identificar as áreas de uso significativo de energia e identificar, priorizar e registrar as oportunidades de melhoria.

a) Análise dos usos e consumos de energia:

Este requisito tem como objetivo conhecer os tipos de energia utilizados pela organização, identificando os padrões e tendências globais. Com isto, será possível compreender como se encontra o desempenho energético atual, estimar comportamentos futuros, conhecer as áreas de maior consumo e de maior potencial de melhoria.

b) Identificação da área de uso significativo de energia:

A norma define uso significativo de energia como o uso de energia responsável pelo consumo substancial de energia e/ou que ofereça considerável potencial para melhoria do desempenho energético. O objetivo deste requisito é determinar onde a maior parte da energia da organização está sendo utilizada, de forma que medidas sejam adotadas de forma intensiva.

c) Identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético:

A identificação de oportunidades de melhoria deve ser um processo contínuo dentro de um SGE, para que esta atividade seja desenvolvida adequadamente é necessário observar as informações obtidas nos requisitos anteriores.

2.3.2.1 Auditoria Energética

Entende-se por auditoria energética a análise sistemática dos fluxos de energia de um edifício, processo ou sistema industrial, tendo em vista entender o desempenho energético,

detectar problemas operacionais e reduzir a quantidade de energia de entrada sem afetar negativamente a saída (CHIARONI, CHIESA E FEANZÒ, 2017).

Kluczek e Olszewski (2017) esclarecem que a auditoria energética é um dos métodos mais abrangentes para obter economia e minimizar o desperdício de energia, sendo citada na literatura como um meio de superar barreiras à eficiência energética e aumentar a implantação de tecnologias energeticamente eficientes, a exemplo dos trabalhos de Bucklund et al. (2012) e Bucklund e Thollander (2015).

Ganapathy et al. (2016) enfatizam que a auditoria energética é o primeiro passo na identificação de oportunidades para reduzir as despesas de energia e as emissões dos gases de efeito estufa. Para Nordelo e Bonifaz (2013) um elemento básico de suporte para a revisão energética, em particular para identificação de oportunidades de melhorias do desempenho energético, é a auditoria energética.

ASHRAE (2011) estabelece três níveis de auditorias energética dependentes entre si. A cada nível as complexidades das análises e da avaliação do local aumentam, juntamente com a qualidade e detalhamento dos dados coletados. Estes esforços podem ser traduzidos posteriormente em maior economia de energia.

A auditoria Nível I, conhecida também como *Walk-Through Audit*, é ideal para organizações que pretendem ter um relato simplificado do fluxo energético, tendo em vista a identificação de eventuais oportunidades de redução de consumo e custos de energia. O baixo custo de operação e a rapidez de execução são as principais vantagens desse nível de auditoria. No entanto, não é possível obter definição de medidas de redução e custo de energia e são identificadas apenas as áreas de maior potencial de conservação de energia (AIDA, 2014).

O Nível II é capaz de fornecer recomendações para metas de eficiência energética de acordo com os planos financeiros e estratégicos da organização. Nesse nível, o diagnóstico energético pode ser geral ou detalhado. No primeiro aplica-se a unidade industrial com objetivo na determinação e descrição técnico-econômica das medidas de redução de custos de energia. Já o detalhado é aplicado a um determinado equipamento, sistema ou unidade fabril.

A auditoria Nível III implica uma análise global e detalhada de toda a instalação da organização e todos os tipos de energia por ela utilizada. Essa possui um custo mais elevado e o período de execução mais longo, no entanto fornece recomendações e análises financeiras para grandes investimentos de capital, bem como monitoramento, coleta de dados e análises de engenharia.

A ABNT NBR ISO 50001 (2011) propõe que durante a auditoria energética sejam estabelecidas fronteiras de medições. As fronteiras são limites físicos ou geográficos

organizacionais que podem ser um processo, um grupo de processos, um setor da organização ou a organização como um todo. A delimitação de fronteiras auxilia na análise da organização como pequenos centros de consumo, na escolha dos indicadores e energéticos e na definição do alcance do SGE.

A escolha do nível de auditoria deve levar em consideração o orçamento disponível e os objetivos energéticos da empresa. A Tabela 3 ilustra outras atividades que devem ser desenvolvidas em cada Nível.

Tabela 3 - Atividades desenvolvidas na auditoria energética por nível.

Auditoria Nível I	Auditoria Nível II	Auditoria Nível III
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar breve levantamento das características da instalação; • Reunir com a alta direção para levantar problemas comuns e previsões de reforma; • Analisar a função espacial dos ambientes; • Estimar a redução no consumo de energia como medida sem custo ou de baixo custo; • Identificar medidas de eficiência que requerem estudos adicionais e estimar a redução no consumo e nos custos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os itens da Auditoria Nível I; • Rever plantar e verificar as práticas de Operação e Manutenção (O&M); • Descrever e analisar os principais sistemas consumidores de energia; • Medir os parâmetros operacionais chave e comparar com os níveis adotados em projeto; • Listar operações em equipamentos e O&M com potencial para reduzir o consumo; • Avaliar o potencial de redução dos custos de energia para cada medida de eficiência; • Estimar o custo de implantação de cada medida de eficiência; • Estimar o impacto de cada medida nos custos; • Preparar uma avaliação financeira do investimento total de acordo com as expectativas de retorno do proprietário. 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os itens da Auditoria Nível II; • Expandir a descrição das medidas que exigem maior detalhamento; • Avaliar métodos de medição e realizar monitoramento conforme necessidade; • Realizar modelagem precisa das medidas propostas; • Preparar esboço esquemático de cada medida; • Efetuar reunião com proprietário para discussão dos resultados.

Fonte: Adaptado de ASHRAE (2011).

2.3.3 Linhas de base energética

A linha de base é uma referência que caracteriza e quantifica o desempenho de uma organização durante um período especificado, sendo estabelecida a partir dos resultados da revisão energética e utilizada para avaliação e monitoramento do desempenho energético e diagnóstico de falhas do SGE. A ABNT NBR ISO 50001 (2011) expõe três notas explicativas envolvendo as funções e aplicações da linha de base, são elas:

NOTA 1: Uma linha de base energética reflete um período de tempo especificado.

NOTA 2: Uma linha de base energética pode ser normalizada usando variáveis que afetam o uso e/ou consumo de energia, tais como nível de produção, graus-dia (temperatura exterior) etc.

NOTA 3: A linha de base energética é também utilizada para cálculo da economia de energia, como uma referência antes e depois da implementação de ações de melhoria de desempenho energético.

Lyubchikov (2016) enfatiza que para a construção das linhas de base a organização deve considerar um período recente de dados confiáveis suficientemente longos para garantir a variabilidade nos padrões operacionais, levando em conta a sazonalidade no consumo de energia e das variáveis relevantes, como produção, padrões climáticos, entre outras.

Fossa e Sgarbi (2017) mencionam que o principal desafio para estabelecer a linha de base energética está na definição do período de cálculo a ser observado, pois ao utilizar como base o consumo energético do ano anterior ao início da operação do SGE poderia ocorrer a omissão de alguns fenômenos que tenham acarretado um consumo energético atípico, como interrupção na produção, temperaturas excessivamente altas ou baixas, entre outros.

Para fornecer a organização orientações práticas e metodológicas para atender aos requisitos da ABNT NBR ISO 50001 relacionados ao estabelecimento, uso e manutenção dos indicadores de desempenho (IDE) e linha de base energética foi publicada em 2016 a ABNT NBR ISO 50006 - Sistemas de gestão de energia - Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE).

Conforme a ABNT NBR ISO 50006 (2016) para elaboração da linha de base, o indicador correspondente deve ser medido ou calculado usando dados de consumo de energia e de outras variáveis relevantes do período base. Se apropriado deve-se testar a validade da linha de base por meio de testes estatísticos, como o Valor-P, F-Teste ou coeficiente de determinação para garantir que o modelo estatístico foi ajustado da melhor forma a partir dos dados. Se o modelo for considerado inválido, a organização deve considerar ajustar a linha de base ou determinar um novo modelo.

Conforme Lei e Hu (2009) existem vários métodos para estabelecer o modelo de linha de base como regressão estatística, simulação por computador e outros, sendo o mais utilizado é o método estatístico de regressão que podem ser através de simples modelos lineares multivariáveis até modelos lineares generalizados.

2.3.4 Indicadores de desempenho energético

A ABNT NBR ISO 50001 define indicador de desempenho (IDE) como o valor ou medida quantitativa de desempenho energético, conforme estabelecido pela organização, que pode ser expresso como um simples parâmetro, uma razão entre variáveis ou um modelo mais complexo que represente a realidade da organização. Conforme Nordelo e Bonifaz (2013), os indicadores de desempenho são parâmetros ou modelos mensuráveis para avaliar o desempenho energético e sua melhoria, através da comparação dos seus valores atuais com os valores iniciais da linha de base.

O uso de indicadores de desempenho energético permite monitorar a eficiência energética, avaliar os impactos de políticas e plano de ações voltados para a eficiência energética, planejar ações futuras, coletar parâmetros de modelagem para melhoria da qualidade das projeções e possibilitar comparações (EPE (2012) apud ODYSSEE (2012)).

Os indicadores de desempenho devem ser utilizados para quantificar as melhorias e as alterações no consumo de energia da organização, sistema, processo ou equipamento. Para isto, a organização deve escolher IDE capazes de informar de maneira clara o desempenho energético e devem atualizá-los sempre que mudanças que impacte o consumo de energia aconteça.

Conforme a ABNT NBR ISO 50006, ao identificar um IDE convém que a organização entenda as características do seu consumo de energia como carga-base (consumo de energia fixo), assim como cargas variáveis decorrentes de produção, ocupação, clima ou outros fatores. Além disto, ao selecionar os IDE apropriados, os usuários da informação e suas necessidades devem ser considerados. Para atender estes critérios, a norma prevê várias tipologias de IDE, tais como:

- IDE de valor de energia medido: Ideal para medir redução no uso ou consumo absoluto de energia, atender aos requisitos regulatórios baseados em economias absolutas e compreender tendências do consumo de energia;
- IDE de proporção dos valores medidos: Ideal para monitorar a eficiência energética de sistemas que possuem apenas uma variável relevante, padronizar comparações entre múltiplas instalações ou organizações (benchmarking), atender às demandas regulatórias baseadas em eficiência energética;
- IDE baseados em modelos estatísticos ou de engenharia: Ideal para sistemas com muitas variáveis relevantes, quando comparações demandam normalização, modelagem de sistemas complexos em que a relação entre o desempenho energético e as variáveis relevantes pode ser quantificada, avaliar o desempenho energético de mudanças

operacionais nos casos em que variáveis forem numerosos, sistemas com variáveis relevantes interdependentes, estimar o desempenho energético em uma fase de projeto;

2.4 MÓDULOS TEMÁTICOS

Os principais módulos temáticos a serem analisados durante revisão energética foram definidos conforme Bueno (2008), Frozza (2013) e Harding, Nutter e Liang (2016), sendo estes descritos a seguir.

2.4.1 Sistema de refrigeração

Conforme Portela (2015), o controle do sistema de refrigeração industrial é um dos fatores chave para evitar o desperdício e minimizar o custo de energia elétrica nos abatedouros de frango, visto que a etapa de abate engloba a cadeia de frio compreendendo todo o processo de armazenamento, conservação, distribuição, transporte e manuseio dos produtos.

De acordo com Pereira et al. (2010) manter a cadeia de frio intacta e operando a temperaturas adequadas, do produtor ao consumidor final, é essencial, pois a velocidade das reações químicas e microbiológicas e a qualidade nutricional e sensorial dos produtos resfriados estão diretamente relacionados à temperatura.

Frozza (2013) menciona que há duas abordagens, qualitativa e quantitativa, a serem efetuadas para prevenir o desperdício e manter os equipamentos do sistema de refrigeração em bom funcionamento. A abordagem qualitativa traz recomendações para economia de energia que não se pode estimar o custo e também o montante economizado. Por sua vez, a quantitativa permite estimar o quanto de energia está sendo desperdiçada, os custos das ações de economia de energia e seus resultados.

2.4.1.1 Abordagem qualitativa

Evans et al. (2014), Viana et al. (2012) e Venturini e Pirani (2005) citam alguns itens que devem ser analisados qualitativamente no sistema de refrigeração, como:

- **Nível inadequado de temperatura:** As câmaras frigoríficas são especificadas para trabalhar em uma determinada temperatura. Quando as temperaturas medidas estão abaixo das temperaturas recomendadas há um consumo desnecessário de energia, que pode ser evitado pelo ajuste correto do termostato de controle;

- Incidência direta de raios solares ou isolamento deficiente: O ideal é que as câmaras frigoríficas utilizem isolantes adequados para que se evitem perdas térmicas devido à diferença de temperatura interna e externa. Além disso, o correto planejamento da localização e da orientação do espaço refrigerado evita o consumo excessivo de energia;
- Condições e forma de armazenagem de produtos nos espaços refrigerados: A alocação inadequada dos produtos em uma câmara frigorífica prejudica a circulação de ar frio, assim, a correção deste problema ocasiona ganhos de eficiência térmica do sistema;
- Ventilador do evaporador: Manter o ventilador do evaporador limpo evita a formação de gelo no evaporador, aumentando a eficiência das trocas térmicas e diminuindo o consumo de energia;
- Inexistência de controle automático da iluminação: A instalação de um sensor de presença ou um interruptor no batente da porta pode contribuir para a redução do consumo de energia;
- Limpeza do condensador e do evaporador: A presença de sujeira como óleo e poeira, deve ser evitada nos trocadores de calor. É essencial que haja separadores de óleo na saída do compressor, em instalações de grande porte, para evitar a passagem do óleo para as linhas da instalação e demais componentes, o que compromete a eficiência do sistema.

2.4.1.2 Abordagem quantitativa

Através de alguns cálculos de perda pode-se efetuar correções e estudo de viabilidade técnica e econômica para promoção de ações de melhoria da eficiência energética no sistema de refrigeração. Alguns dos estudos quantitativos para verificação da eficiência energética neste módulo temático podem ser efetuados por meio do cálculo de carga térmica dos ambientes refrigerados (EVANS et al., 2014), cálculo de perda devido à inexistência de termostato ou pressostato (VIANA et al., 2012), avaliação da temperatura média das câmaras, e comparação da iluminâncias média das câmaras.

Além disto, o diagnóstico dos principais equipamentos que compõem o sistema de refrigeração auxilia na redução de perdas e melhoria da eficiência energética. A avaliação das reais condições de carregamento dos motores dos compressores e observação das características de operação dos mesmos podem fornecer informações sobre o sobredimensionamento e mau uso.

2.4.2 Sistema motriz

De acordo com a Associação Brasileira de Serviços de Conservação de Energia – ABESCO (2015), os motores consomem cerca de 60% da energia elétrica total do Brasil, tendo uma carga significativa nos processos industriais ao transformar de energia elétrica em energia mecânica. Na indústria avícola os motores estão presentes nas linhas de recebimento, pendura, evisceração, respingo e cortes e, principalmente, na sala de máquinas (motores dos compressores), constituindo um sistema de grande potencial de conservação de energia.

Conforme Viana et al. (2012) os principais procedimentos para obter economia de energia relacionados ao sistema motriz são:

- Controle de velocidade dos motores

Os controles aplicados a motores são úteis no sentido de reduzir o fluxo e conjugado, e consequentemente demanda de potência, quando ocorre operação em baixa carga. Além disto, permite otimizar e adequar as condições de operação de bombas ou ventiladores para o valor de vazão desejado, reduzindo perdas, ruídos e desgastes mecânicos.

- Verificação das condições de acoplamento

Esta é uma medida operativa com custo de implantação praticamente nulo. Com o ajuste do alinhamento é possível eliminar folgas que dão origem a vibrações indesejáveis e elevação de temperatura.

- Limpeza e lubrificação dos mancais

O acúmulo de poeira e falta de lubrificação podem aumentar as perdas por atrito e ventilação em quase 50%, reduzindo o rendimento do motor em até dois pontos percentuais.

- Possibilidade de desligamento

Em algumas aplicações os motores permanecem trabalhando a vazio por um intervalo de tempo, realizar um estudo verificando se é mais vantajoso trabalhar desta maneira ou efetuando vários acionamentos durante o dia auxilia na conservação de energia. Se o consumo na partida for menor do que o consumo durante o período ocioso deve-se desligar o motor.

- Estabilidade de tensão

O comportamento da tensão aplicada aos terminais do motor também é importante. Quando o motor opera com uma tensão inferior à nominal, a corrente absorvida aumentará para manter o torque necessário, o que causa uma elevação das perdas por efeito Joule no estator e no rotor. No entanto, quando a tensão aplicada é superior à nominal, a corrente de magnetização irá aumentar, podendo ocorrer a saturação da máquina.

2.4.3 Sistema de condicionamento de ar

De acordo com Viana et al. (2012) o condicionamento de ar é um processo que visa o controle simultâneo num ambiente delimitado, da pureza, umidade, temperatura, e movimentação de ar. Na indústria avícola o sistema de condicionamento de ar é indispensável no ambiente de abate, com o intuito de evitar o crescimento de microrganismos prejudiciais, retardar reações químicas indesejáveis e garantir a higiene sanitária na manipulação da carne (BUENO, 2008).

Quando se trata de eficiência energética em sistema de condicionamento de ar é fundamental ter o entendimento sobre os fenômenos térmicos que influem no cálculo das cargas térmicas influenciam o dimensionamento do sistema e equipamentos de climatização. Estes fenômenos podem vir do meio externo ou interno, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Fenômenos térmicos que influenciam no cálculo das cargas térmicas.

Exterior	Interior
Radiação solar: incide sobre a cobertura, paredes e janelas aquecendo o ambiente.	Transmissão de calor: ocorre por diferenciais de temperaturas entre áreas internas à edificação e adjacentes.
Ganhos de condução: calor decorrente da diferença de temperatura exterior e inferior que passa pelas paredes externas e cobertura.	Pessoas: calor dissipado em função da “queima metabólica” e varia conforme a atividade (trabalho sentado, em movimento, atividades intensas).
Infiltração: ar externo que entra por aberturas, esquadrias de janelas e outras frestas.	Iluminação e equipamentos: lâmpadas, reatores e outros equipamentos que dissipem calor.
Ar de ventilação: fração de ar induzida no sistema visando à renovação do ar.	Perdas por dutos: dutos não isolados ou mal isolados e que passam em áreas não condicionadas.

Fonte: MMA, 2015.

2.4.4 Sistema de iluminação

Na indústria avícola o sistema de iluminação representa uma pequena parcela do consumo energético quando comparado com outros sistemas consumidores. No entanto, existem grandes possibilidades de conservação de energia a partir do bom desempenho desse sistema e da adoção de tecnologias e procedimentos que resultem no menor consumo, sem perda da operacionalidade e conforto (PESSOA, GHISI e LAMBERTS, 2013).

Conforme Oliveira (2015), os ambientes industriais requerem uma iluminação adequada para que todas as atividades internas sejam realizadas com rapidez e eficiência. Para tal, o conhecimento técnico com relação às normas regulamentadoras, as tecnologias disponíveis no

mercado e a verificação da atual situação dos componentes do sistema de iluminação são determinantes para obter a eficiência energética.

No Brasil a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995 (2013) especifica os requisitos para a iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança. Para que as atividades de abate sejam desempenhadas de forma adequada, é indispensável que os níveis de iluminância cumpram os requisitos da norma. A Tabela 5 apresenta os valores de iluminância recomendadas pela norma para atividade de abate.

Tabela 5 - Iluminância média para iluminação artificial em áreas do ambiente de abate.

Tipo de Ambiente/Tarefa/Atividade	\bar{E}_m (lux) determinado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995
Área de circulação e corredores	100
Rampas de carregamento	150
Depósito, estoques, câmara fria	100 (200 lux, se forem continuamente ocupados)
Expedição	300
Estação de controle	150
Locais de trabalho e zonas para abatedouros e açougues	500
Inspeção de cor	1000

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO/CIE 8995 (2013).

A verificação da adequação à norma e avaliação do sistema de iluminação pode ser desenvolvida por meio da fotometria, efetuando medições de grandezas luminosas, e por cálculo luminotécnico, baseado na característica física dos ambientes, condições de conservação dos acessórios utilizados e outros requisitos exigidos na norma (COSTA, 2015).

2.4.5 Quadro de distribuição de circuitos

De acordo com Frozza (2013) para efetuar um estudo de eficiência energética é necessário atentar para os quadros de distribuição e circuito, pois nele estão os componentes básicos para a conexão e proteção. Para Krause (2002) existem três quesitos principais que devem ser analisados para a conservação de energia neste módulo temático:

- Cabos elétricos

A utilização dos cabos condutores de energia em uma instalação elétrica deve obedecer ao correto dimensionamento dos mesmos, sendo fundamental para o bom funcionamento dos equipamentos e para manter a segurança. Uma instalação com cabos subdimensionados

apresentará aquecimento nos circuitos, acarretando desperdício de energia e risco de acidentes por incêndio.

- Sistema de proteção

O correto dimensionamento dos sistemas de proteção contra sobrecorrentes é de suma importância para permitir o bom funcionamento dos sistemas elétricos e evitar acidentes em casos de sobrecarga ou outras anomalias. É importante manter os quadros de distribuição sempre limpos, com uma boa ventilação e efetuar a manutenção preventiva e preditiva em tempos definidos.

O uso da termografia pode auxiliar a manutenção preditiva nos quadros de distribuição e circuito. Através da análise com uma câmera termográfica pode-se obter informações sobre o sobreaquecimento dos componentes que compõe esse módulo temático. A comparação entre temperatura registrada durante a análise com a máxima temperatura admissível (MTA) pode revelar falhas típicas, como elevação da resistência devido a desgaste, corrosão dos contatos ou contatos frouxos. A Tabela 6 demonstra alguns valores de MTA, baseados em normas da ABNT NBR 5410, tabelas de fabricantes e referências da IEC (*International Electrical Commission*).

Tabela 6 - Máxima Temperatura Admissível (MTA).

Componente Industrial	MTA (°C)
Condutor encapado (Isolação de Coreto de Polivinila (PVC))	70
Condutor encapado (Isolação de Borracha Etileno Propileno (EPR))	90
Condutor encapado (Isolação de Polietileno Reticulado (XLPE))	90
Régua de Bornes	70
Conexões mediante parafusos	70
Conexões e barramentos de baixa tensão	90
Conexões recobertas de prata ou níquel	90
Fusível (Corpo)	100

Fonte: Adaptado de Brito, Lamim e Alves (2005).

2.4.6 Análise tarifária

Segundo com Batista e Flauzino (2012), a análise tarifária de energia de uma organização é uma medida de baixo custo para a redução dos gastos com energia elétrica. Para tal, a compreensão da estrutura tarifária e dos valores expressos nas faturas de energia elétrica é um parâmetro importante para que a correta decisão seja tomada em relação aos projetos de conservação de energia (VIANA et al., 2012).

O sistema tarifário brasileiro é regulamentado pela Resolução Normativa ANEEL nº 414 de setembro de 2010, estando as tarifas de energia elétrica estão organizadas em dois grupos,

A e B, definidos em função do nível de tensão fornecida e da demanda (W). O grupo A é composto por unidades consumidoras com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3 kV ou atendidas a partir de sistemas subterrâneos, O grupo B, por sua vez, é composto por unidades consumidoras com fornecimento de tensão inferior a 2,3 kV. Estes grupos são subdivididos em subgrupos, como detalha a Tabela 7.

Tabela 7 - Divisão dos grupos de consumidores.

Grupo	Subgrupo	Detalhamento
A	A1	Tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV
	A2	Tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV
	A3	Tensão de fornecimento de 69 kV;
	A3a	Tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV
	A4	Tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV
	AS	Tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição
B	B1	Residencial
	B2	Rural
	B3	Demais classes
	B4	Iluminação pública

Fonte: Adaptado de ANEEL (2016).

Conforme a ANEEL (2016), a escolha da modalidade tarifária que melhor atenda às características de consumo pode reduzir a fatura de energia. Por sua vez, uma escolha errada pode resultar um custo desnecessário (CARVALHO et al., 2016). Algumas medidas para conservação de energia em termos da análise do perfil de utilização da energia por meio da análise tarifária são:

- Adequação da demanda de potência: possui o intuito a adequação da demanda às reais necessidades da unidade consumidora. São analisadas as demandas de potência contratada, medida e as efetivamente faturadas. A premissa básica é a de se reduzir ou mesmo eliminar as ociosidades e ultrapassagens de demanda.
- Análise de opção tarifária: A escolha da tarifa mais conveniente para a unidade consumidora, considerando seu regime de funcionamento, as características da sua operação de trabalho, entre outras, podem resultar em reduções de despesas com energia.
- Correção do fator de potência: A maioria das cargas das unidades consumidoras faz uso de energia reativa indutiva, como motores, transformadores, reatores de lâmpadas, entre outros, para criar o fluxo magnético que seu funcionamento exige. Com base na relação entre a energia ativa e reativa é determinado o fator de potência induzido médio de um

período. A ANEEL através do Decreto nº 479 de 1992 estabeleceu que o fator de potência mínimo deve ser 0,92.

- Correção do fator de carga: O fator de carga que é deduzido pelos dados das contas de energia é outro elemento que deve ser levado em consideração durante a análise tarifária. Um fator de carga próximo de 1 indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente durante um período de tempo. Por sua vez, um fator de carga baixo indica que houve concentração do consumo de energia elétrica em curto período de tempo.

2.5 METODOLOGIAS APLICADAS NA INDÚSTRIA PARA AVALIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

No setor industrial muitas estratégias de eficiência energética têm sido utilizadas. De acordo com Sola et al. (2015) uma delas é por meio de um programa de gestão energética que inclua auditorias energéticas e a conscientização e o treinamento dos funcionários. Conforme Cusa (2018), muitas estratégias de incentivo ao uso eficiente de energia no setor industrial têm sido adotadas em políticas governamentais, tais como: acordos com indústrias com metas de eficiência energética; normas com índices mínimos de eficiência energética; incentivos fiscais e crédito para financiamento; programas de auditoria energética e orientação às indústrias para adoção das melhores práticas.

Muitos trabalhos têm elaborado soluções em eficiência energética para o setor industrial, sobretudo no ramo alimentício, como em Martínez (2010) que examina detalhadamente o desempenho da eficiência energética das indústrias de alimento da Alemanha e Colômbia e explica os fatores que influenciaram a eficiência energética; Therkelsen, Masanet e Worrell (2014) que, através da investigação do uso de energia do setor de panificação, propõem medidas de eficiência energética visando a redução dos custos para o setor e apresentam estratégias de gestão energética, com base na ISO 50001, para melhoria contínua; Lima, Ribeiro e Perez (2018) que analisam a diversificação de energia e eficiência energética de uma industrial laticínios do Brasil, propondo novas políticas públicas de incentivo a utilização de combustíveis renováveis e eficiência energética; e Fabbriani e Calili (2018) com a elaboração de propostas de políticas de eficiência energética para a indústria de alimentos e bebidas do Brasil com base em experiências internacionais.

Além destes, alguns trabalhos foram desenvolvidos na indústria alimentícia no subsegmento de abate e processamento de carne de frango. Suas metodologias para avaliação

e implantação da eficiência energética são apresentadas com o intuito de proporcionar maior conhecimento para o desenvolvimento desta dissertação.

Jekayinfa (2007) realizou auditorias energéticas em três plantas de processamento de frango de corte, localizadas no sudoeste da Nigéria, em cinco etapas do processo produtivo: Abate, escalda e defumação, depena, evisceração, lavagem e resfriamento e embalagem. Os resultados desta auditoria revelaram a escalda e defumação são responsáveis pelo maior consumo de energia total das plantas, representando 44%. As auditorias energéticas forneceram informações de linha de base necessárias para executar o orçamento, prever as necessidades de energia, direcionar ações de eficiência energética, e planejar a expansão da planta nas indústrias de processamento de aves na área de estudo.

Em Harding, Nutter e Liang (2016) o uso de energia de uma planta de processamento de frangos de corte foi analisada utilizando informações mensais de fatura de energia e os usos intensivos de energia foram determinados em termos de operações da planta e unidade inteira, comparando-as a três plantas de processamento de frangos que operaram no final da década de 1970. Por meio deste estudo, descobriu-se que as utilidades secundárias, incluindo o resfriamento, a fabricação de gelo e o ar comprimido, são os maiores consumidores de energia no processo, seguidos de abastecimento, recebimento, abate e coleta e evisceração. Ao final, concluiu-se que medir e analisar a intensidade de energia em um nível de operações unitárias fornece informações valiosas sobre como a energia é usada e, a partir da comparação com instalações similares, onde direcionar esforços de eficiência energética.

Dentro do setor avícola brasileiro Zanin et al. (2002a) realizaram uma análise do perfil de consumo de energia elétrica no abate de frango de corte, com o objetivo de identificar o comportamento do consumo de energia elétrica de uma agroindústria, em todas as fases de abate e processamento de carne de frango, e avaliar a adequação de força motriz no sistema de compressão, uma vez que o sistema de refrigeração foi responsável por 83 % de toda energia elétrica consumida.

Bueno, Rossi e Mederos (2006) realizaram um diagnóstico preliminar em relação ao uso da energia elétrica de um abatedouro brasileiro para conhecer o uso desta energia dentro do estabelecimento, objetivando diagnosticar, analisar e propor soluções que conduzam ao uso racional da energia elétrica, sem interferir, ou manter, a qualidade do produto final nas linhas de produção do abatedouro avícola, incluindo o processo de armazenamento que usa câmaras de resfriamento e congelamento.

Em Frozza (2013) efetuou uma investigação acerca da eficiência energética em uma indústria de abate de aves, situada na região sudoeste do Paraná, com foco na identificação dos

potenciais de conservação de energia e tendo como principais motivações o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) e a norma ABNT NBR ISO 50001. Obteve-se como resultado que o sistema de refrigeração representou 81% do consumo de energia elétrica da planta, oferecendo o maior potencial para melhoria do desempenho energético da empresa.

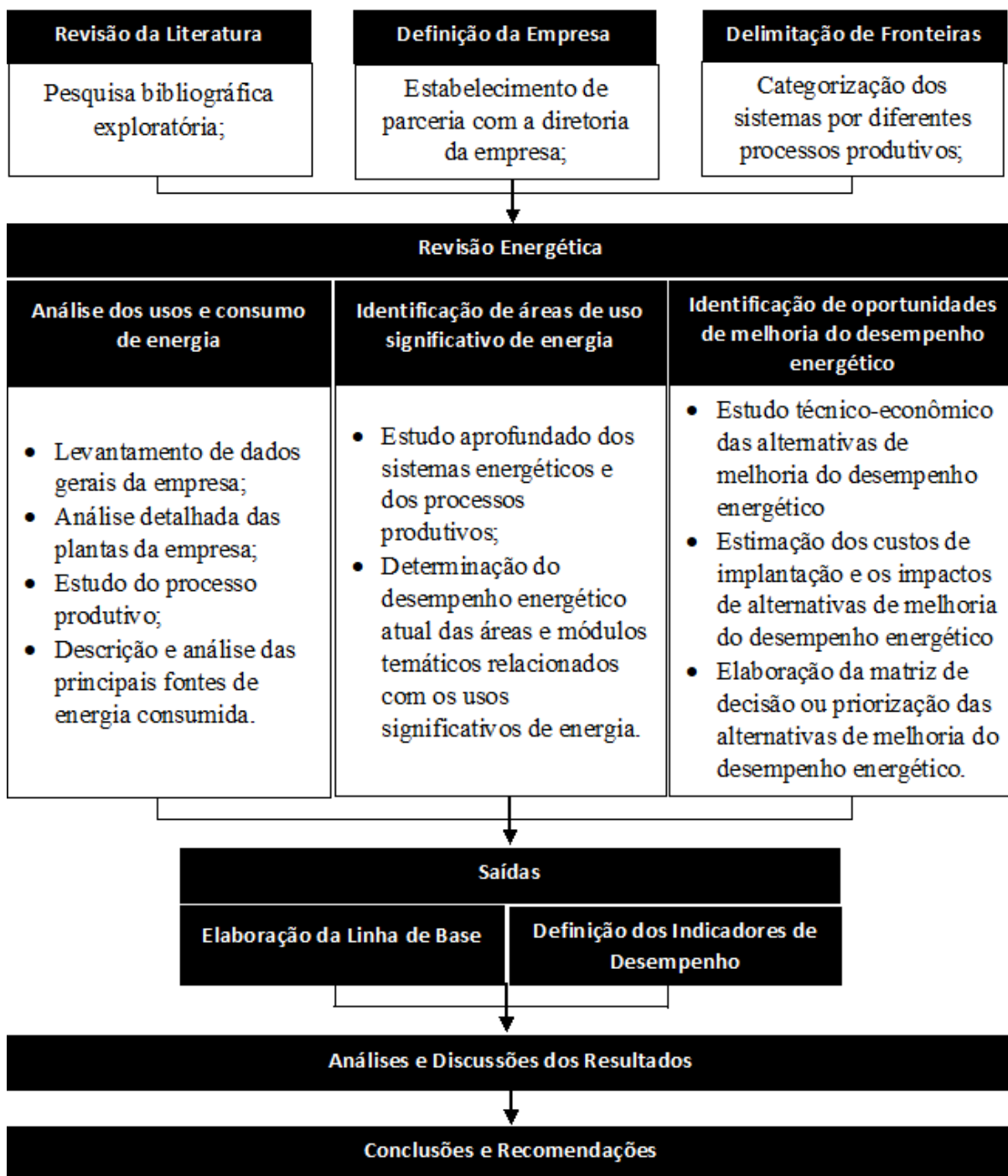
Portela (2015) dedica-se a especificar um conjunto de ferramentas de análise da viabilidade econômica de um sistema de monitoramento de eficiência energética baseado em indicadores com o intuito de promover a implantação de um sistema de gestão de energia em uma indústria frigorífica de aves. Segundo o autor, a indústria frigorífica brasileira possui poucas informações para comparar o desempenho energético e muitas vezes não conhecem as ações de eficiência energética.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na presente investigação, as técnicas e instrumentos utilizados na coleta de dados, bem como ferramentas computacionais de processamento de dados.

A Figura 11 detalha os métodos e procedimentos desenvolvidos e utilizados neste estudo de caso.

Figura 11 - Fluxograma dos métodos e procedimentos empregados neste trabalho.



- **Revisão da Literatura**

Primeiramente, tornou-se necessária uma análise exploratória sobre o conteúdo em estudo, ou seja, eficiência energética e gestão energética na indústria. Durante esta etapa, realizou-se um levantamento teórico detalhado acerca do comportamento da matriz energética e do cenário da eficiência energética no Brasil, os principais programas e leis voltados à eficiência energética do país e seus resultados, e uma análise do sistema de gestão energética proposto pela ABNT NBR ISO 50001. Além disto, buscou-se analisar minuciosamente alguns módulos temáticos, tendo como objetivo compreender o comportamento e as principais oportunidades para a melhoria da eficiência energética em cada um deles.

- **Definição da empresa para o estudo de caso**

Em seguida, definiu-se a empresa para aplicação do trabalho proposto. A empresa possui como principal atividade a avicultura de frango de corte e será citada neste trabalho como Indústria Avícola A. O estudo de caso na Indústria Avícola A teve como finalidade conferir, por meio de uma revisão energética, o desempenho energético e os métodos de gestão energética utilizados pela mesma, bem como identificar oportunidades de melhoria.

Anterior à inicialização da aplicação das atividades propostas, realizou-se uma reunião com os responsáveis pela empresa com o intuito de explicar todas as tarefas e informações necessárias para a realização das mesmas. Discutiu-se a necessidade de informações detalhadas sobre processo produtivo, o consumo de energia e o fluxo de entrada e saída de produtos, além de visitas ao interior das instalações.

- **Definição de fronteiras para aplicação do estudo de caso**

Logo após, realizou-se a delimitação de áreas de fronteiras por meio da categorização do sistema por diferentes processos produtivos, com o objetivo de facilitar a coleta de dados e melhorar o entendimento sobre uso, consumo e transformação da energia por área. A delimitação das fronteiras para a realização deste estudo foi dividida conforme a Tabela 8.

Tabela 8 - Áreas de fronteira delimitadas

Área de fronteira por processo	Locais de coleta de dados
Criação	Galpões de criação
Abate	Frigorífico e Sala de Máquinas
Secundários	Administrativo, refeitório, almoxarifado, oficinas, entre outros módulos.

O processo de criação abrange todas as etapas necessárias para crescimento e engorda das aves, desde a higienização dos galpões de criação para chegada dos pintos até a apanha para o abate. O processo de abate compreende todas as etapas para comercialização carne das aves, desde o pré-abate, que inclui o transporte das aves ao abatedouro até o congelamento e estocagem do produto final. Por sua vez, os processos secundários compreendem todos as etapas de suporte para os processos de criação e abate das aves.

3.1 REVISÃO ENERGÉTICA

Somente após o cumprimento das etapas anteriores, iniciou-se a revisão energética, sendo elaborada com base no subitem 4.4.3 da norma ABNT NBR ISO 50001. A revisão energética foi obtida por meio das seguintes atividades:

- Análise dos usos e consumo de energia;
- Identificação de áreas de uso significativo de energia;
- Identificação de oportunidades de melhorias do desempenho energético.

Utilizou-se a auditoria energética para a execução destas atividades, visto que o conhecimento sistemático dos fluxos de energia e de outras informações indispensáveis para a formulação de ações e estratégias voltadas a eficiência energética são obtidos através desta ferramenta. As atividades desenvolvidas na revisão energética são detalhadas nas subseções seguintes deste capítulo.

3.2 ANÁLISE DOS USOS E CONSUMOS DE ENERGIA

A análise dos usos e consumos de energia possibilitou entender o desempenho energético atual e passado da empresa. Para o cumprimento desta atividade, fez-se necessário a análise de informações históricas gerais da empresa, do seu processo produtivo e as principais fontes de energia consumida em suas operações.

A primeira etapa executada implicou no entendimento do processo produtivo através de visitas técnicas, observações de funcionamento e análise detalhada das plantas baixa do local. Em seguida, realizou-se a identificação de todas as fontes de energia utilizada pela organização, por meio da análise das faturas de energia no período de referência (2016 – 2017) e de informações obtidas através da realização de uma auditoria energética Nível I.

Para simplificar a análise, os dados de consumo de todas as fontes de energia foram convertidos para tonelada equivalente de petróleo (tep), correspondente à energia que se pode

obter a partir de uma tonelada de petróleo padrão. Esta conversão foi realizada de acordo com as tabelas de fatores de conversão determinados pelo Ministério de Minas e Energia no Balanço Energético Nacional 2017 (EPE, 2007).

Em seguida, utilizou-se o Diagrama de Pareto e a Lei de Pareto (Lei 80-20) para determinar as fontes de energia mais significativas dentro da organização. Através da Lei 80-20 foi possível identificar 20% das fontes de energia que representam 80% do consumo equivalente total, de modo que os esforços para obter os maiores retornos em eficiência energética fossem dirigidos aos pontos-chaves do problema.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO SIGNIFICATIVO DE ENERGIA

Identificar as áreas de fronteira e módulos temáticos de uso significativo de energia é de suma importância para que os esforços e recursos sejam destinados à melhoria dos sistemas críticos. Para tal, o método de análise aplicado seguiu os passos de uma auditoria energética Nível II e os dados contabilizados por meio de planilhas do Excel.

Para identificação da área de fronteira significativa utilizou-se das informações obtidas nas contas de eletricidade e no levantamento de carga, levando em consideração o consumo médio mensal. A área de fronteira por processo produtivo responsável pela maior parcela do consumo elétrico foi selecionada para realização deste estudo.

Por sua vez, para identificar os usos significativos de energia utilizou-se dos dados do levantamento de carga instalada da área de fronteiras mais significativa. O levantamento de carga procedeu-se a partir da quantificação e documentação de todos os equipamentos consumidores de energia, suas grandezas elétricas e características de funcionamento. Para tal, realizou-se medições com o auxílio de um alicate amperímetro Fluke e para o cálculo do consumo utilizou-se a Equação 1:

$$\text{Consumo de energia (kWh)} = P \times RT \times H \quad (1)$$

Em que:

P : Potência em kW,

RT : Regime de trabalho em dias;

H : Horas.

Em seguida, com o intuito de classificar e priorizar os módulos temáticos mais significativos, onde se concentra o maior potencial de oportunidades de redução de perdas, utilizou-se o Diagrama de Pareto e a Lei de Pareto (Lei 80-20).

3.3.1 Auditoria energética dos módulos temáticos

Com o objetivo de caracterizar o consumo, identificar os desperdícios e custos associados a cada módulo temático utilizou-se da auditoria energética Nível II. A Tabela 9 apresenta um resumo das áreas, objetivos, variáveis de interesse e fonte de dados coletados na auditoria energética nos módulos temáticos significativos.

Tabela 9 – Resumo da auditoria energética nos módulos temáticos significativos.

Locais de coleta	Objetivo	Variáveis de interesse	Fonte de Dados	
Frigorífico e Sala de Máquinas	Avaliação energética	Consumo de energia por fonte Produção Total	Histórico de consumo fornecido pelo administrativo.	
	Módulo temático Análise tarifária	Comportamento da demanda, reativos e FC	Faturas de energia	
Frigorífico	Consumo setorial	Levantamento de carga	Informações na placa de equipamentos e amperímetro	
	Módulo temático Sistema Motriz	Potência instalada Fator de carregamento e corrente	Informações na placa de equipamentos e amperímetro	
	Módulo temático Sistema de Iluminação	Potência instalada Iluminância nos planos de trabalho	Levantamento de carga Luxímetro	
	Módulo temático Sistema de Condicionamento de Ar	Área útil Potência instalada COP – Coeficiente de performance	Planta fornecida pelo administrativo Levantamento de carga Informações na placa	
	Módulo temático Sistema de Refrigeração		Iluminância nas câmaras	Luxímetro
			Potência instalada da lâmpadas e evaporadores	Levantamento de carga
			Temperatura das câmaras	Termômetro das câmaras
			Fugas	Câmera termográfica
			Potência instalada dos compressores	Levantamento de carga
	Sala de Máquinas		Fator de carregamento e corrente	Informações na placa de equipamentos e amperímetro

3.3.1.1 Sistema de refrigeração

Tendo em vista verificar possíveis oportunidades de conservação de energia, analisou-se o sistema de refrigeração por meio de análises qualitativa e quantitativa.

A análise qualitativa realizou-se por meio da coleta de informações gerais sobre o sistema de refrigeração, hábitos de utilização, planos de manutenção e monitoramento dos equipamentos. Além disto, realizou-se uma inspeção visual aos equipamentos. A Tabela 10 mostra as principais informações coletadas e suas descrições.

Tabela 10 - Principais informações coletadas no sistema de refrigeração e suas descrições.

Informações coletadas	Descrições
Informações sobre as câmaras frigoríficas e túneis de congelamento	Dimensões (m ³); Tipo de equipamentos e suas potências; Evaporadores, iluminação, ventiladores; Tipo de câmara (refrigeração/congelamento).
Hábitos de utilização	Tempo de abertura das portas; Forma de armazenamento e quantidade de produtos por câmaras;
Planos de manutenção e monitoramento dos equipamentos	Periodicidade da manutenção; Forma de monitoramento dos equipamentos; Sistemas de controle.
Fugas e locais de isolamento ineficiente	Identificação de pontos de fugas ou isolamentos ineficientes com uma câmera termográfica da marca Flir.
Inspeção visual	Sujidade; Isolamentos; Vazamentos de óleo; Formação de gelo no evaporador e nas tubulações de refrigerante;

A análise quantitativa procedeu-se pelas seguintes atividades:

1. Cálculo da carga térmica do sistema de refrigeração

O principal intuito na realização do cálculo de carga térmica do sistema de refrigeração da indústria é a comparação entre a capacidade frigorífica do compressor atual e a ideal. Para isto, efetuou-se o cálculo de carga térmica pelo método indicado em EVANS et al. (2014), Cardoso (2004), Gomes (2017) e Venturini e Pirani (2005). Os dados foram compilados com o auxílio do software Excel.

- Carga térmica devido à transmissão de calor

A carga térmica devido à transmissão de calor é uma função do diferencial de temperatura entre o ambiente externo e o interior da câmara, da condutividade térmica dos elementos construtivos e da área das superfícies expostas ao diferencial de temperatura. Para cálculo deste fator, faz-se necessário o cálculo da quantidade de calor transferido através das paredes, teto ou piso, dados pelas Equações 2 e 3, respectivamente.

$$Q_{Paredes} = L \times A \times Fdc \quad (2)$$

$$Q_{Piso \text{ ou } teto} = L \times C \times Fdc \quad (3)$$

Em que:

$Q_{Paredes}$ ou $Q_{Piso \text{ ou } teto}$: são a quantidade de calor transferido através das paredes, teto ou piso;

L: é a largura da câmara (m);

A: Altura da câmara (m);

C: Comprimento da câmara (m);

Fdc: Fator de dispersão de calor em função do tipo de isolamento, disponível no Anexo A;

Com o somatório dos cálculos de calor obtém-se o valor do calor de transmissão, conforme Equação 4.

$$Q_{transmissão} = Q_{parede (1,2,3,4)} + Q_{piso} + Q_{teto} \quad (4)$$

- Carga térmica devido à infiltração de ar externo

A carga térmica devido à infiltração de ar está relacionada com a entrada de ar quente e com a saída de ar frio da câmara frigorífica, através de portas ou quaisquer outras aberturas. Este fator pode ser calculado pela Equação 5.

$$Q_{infiltração} = V \times Ft \times Qn \quad (5)$$

Em que,

V: Volume da câmara (m³);

Ft: Fator de troca de ar por abertura de porta, disponível no Anexo A;

Qn: Fator de calor necessário para resfriar o ar, disponível no Anexo A.

- Carga térmica devido aos produtos

A carga térmica devido aos produtos geralmente corresponde à maior parcela da carga térmica de câmara de resfriamento e congelamento, e é composta pela retirada de calor para reduzir a temperatura do produto até o nível desejado. Para o caso do congelamento do produto na própria câmara, o cálculo da quantidade de calor a ser removida envolve as Equações 6, 7 e 8:

- a) Calor sensível do produto:

$$Q_{sensível} = m \times C_p \times (T_{entrada} - T_{saída}) \quad (6)$$

Em que,

m : Massa do produto (kg);

C_p : Calor específico do produto (kcal/kg);

$T_{entrada}$: Temperatura de entrada do produto (°C);

$T_{saída}$: Temperatura de saída do produto (°C).

- b) Calor latente de congelamento:

$$Q_{latente} = m \times L \quad (7)$$

Sendo que,

L : Calor latente do produto (kcal/kg).

- c) Calor removido após o congelamento:

$$Q_{congelamento} = m \times C_p \times (T_{entrada} - T_{saída}) \quad (8)$$

Com isto, o calor devido aos produtos será calculado a partir da Equação 9.

$$Q_{produto} = Q_{sensível} + Q_{latente} + Q_{congelamento} \quad (9)$$

Para o caso de resfriamento do produto, calcula-se apenas o calor removido antes do congelamento, ou seja, o calor sensível, e quando o produto já entra congelado na câmara calcula-se somente o calor após o congelamento.

- Carga térmica devido à ocupação de pessoas na câmara:

A carga térmica devido à entrada de pessoas é decorrente da liberação de calor pelos trabalhadores que atuam no espaço refrigerado devido ao metabolismo do corpo humano, sendo calculada por meio da Equação 10.

$$Q_{ocupação} = P \times feq \times h \quad (10)$$

Sendo,

P : Número de pessoas;

feq : Fator de equivalência de calor por pessoa, disponível no Anexo A;

h : Horas de permanência na câmara.

- Carga térmica devido à iluminação

A carga térmica devido à iluminação ocorre em decorrência do calor dissipado pelo sistema de iluminação e depende da potência das lâmpadas instaladas e do seu tempo de utilização, sendo obtida pela Equação 11.

$$Q_{iluminação} = P_{lâmpada} \times 0,86 \times h \quad (11)$$

Em que,

$P_{lâmpada}$: Potência da lâmpada (W);

0,86: Fator de conversão de W para kcal;

h : Horas de utilização.

- Carga térmica relativa aos motores

A carga térmica relativa aos motores ocorre em decorrência do calor dissipado pelos motores dos ventiladores dos compressores ou outros motores instalados no interior da câmara, sendo calculada pela Equação 12.

$$Q_{motor} = P_{motor} \times 632,41 \times h \quad (12)$$

Sendo que,

P_{motor} : Potência do motor (cv);

632,41: Fator de conversão de cv para kcal;

h : Horas de utilização.

- Carga térmica total

Após determinadas todas as parcelas de carga térmica procede-se o cálculo da carga térmica total do sistema de refrigeração, ou seja, a capacidade frigorífica do compressor. Todas as parcelas da carga térmica foram determinadas para um dia, obtendo dados em kcal/dia.

No entanto, o compressor do sistema de refrigeração não deve operar 24 horas por dia. Desta forma, deve-se fixar seu tempo de operação para a determinação de sua capacidade frigorífica. De acordo com Venturini e Pirani (2005), o tempo de operação dos compressores varia entre 16 a 20 horas por dia, dependendo do tipo de instalação.

Após a definição do tempo de operação dos compressores, a carga térmica total será dada pela Equação 13.

$$Q_{total} = \frac{Q_{transmissão} + Q_{infiltração} + Q_{produto} + Q_{ocupação} + Q_{iluminação} + Q_{motor}}{h_{operação}} \quad (13)$$

Em que,

$h_{operação}$: Horas de operação do compressor.

Para as câmaras frigoríficas e túneis de congelamento que se encontrarem com a carga térmica acima da necessária para cumprir a demanda sugeriu-se a adequação do sistema com o auxílio do software Bitzer, versão 6.10, sendo este uma ferramenta gratuita que abrange dados de desempenho para todos os refrigerantes em condições operacionais selecionáveis, cálculo e tabelas de desempenho projetados individualmente para compressores, acessórios disponíveis e todos os documentos técnicos relevantes para seleção de equipamentos para sistema de refrigeração.

2. Perda devido à inexistência de termostato ou pressostato:

Os equipamentos de refrigeração são dimensionados para trabalhar em média de 16 a 18 horas por dia. Na inexistência de um equipamento de controle, como o termostato ou pressostato, o funcionamento será contínuo, o que provoca desperdício de energia (MONTEIRO et al., 2005). O cálculo da perda devido à falta deste tipo de controle foi determinado através da Equação 14.

$$P_{it} = 0,25 \times C_m \quad (14)$$

Sendo que,

P_{it} : Energia desperdiçada devido à inexistência de um termostato ou pressostato (kWh/mês);

C_m : Consumo médio dos motores do sistema de refrigeração (kWh/mês).

3. Comparação da temperatura média das câmaras com a recomendada pela Portaria SDA/MAPA/210/1998

Esta análise quantitativa realizou-se por meio da aquisição da temperatura nos ambientes de refrigeração, através dos medidores individuais das câmaras e túneis, e sua comparação com os valores estipulados pela Portaria SDA/MAPA/210/1998: Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves, apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Temperatura recomendada para o sistema de refrigeração.

Ambiente	Temperatura normatizada (°C)
Câmara de resfriamento	-1 a 4
Câmaras e túneis de congelamento	-18

Fonte: Adaptado da Portaria SDA/MPA/210/1998.

A Portaria SDA/MAPA/210/1998 estabelece padronização dos métodos de elaboração de produtos de origem animal no tocante às instalações, equipamentos, higiene do ambiente, esquema de trabalho do serviço de inspeção federal, para o abate e industrialização de aves.

Por sua vez, a fiscalização e a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal é regulamentada pelo Decreto nº 9.013, de março de 2017, sendo de competência do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA e do Serviço de Inspeção Federal – SIF, vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Desta forma, a não conformidade com a Portaria SDA/MAPA/210/1998 constitui uma infração do Decreto nº 9.013. O não cumprimento das exigências da temperatura nos ambientes refrigerados constitui uma desobediência ou inobservância das exigências sanitárias, não atendendo ao disposto na legislação específica ou desacordo com os processos de fabricação e de composição registrado pelo DIPOA. Este tipo de inconformidade resulta em advertência, quando o infrator for primário, ou multa de 1% a 40% do valor máximo, que é de R\$ 500 000,00.

4. Comparação da iluminância média das câmaras com a recomendada pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

Para medir a iluminância no interior das câmaras, túneis e contêineres refrigerados utilizou-se um luxímetro digital portátil da marca Instrutherm. Estes valores foram comparados ao estipulado pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior.

Para adequação dos ambientes com baixa iluminância utilizou-se do cálculo luminotécnico, descrito detalhadamente na seção 3.3.1.5 Sistema de iluminação.

5. Avaliação das reais condições de carregamento dos motores dos compressores

Para análise dos motores dos compressores realizou-se o cálculo de carregamento, por meio do método expedito de linearização, para avaliação das reais condições de operação dos mesmos. Este método e as equações necessárias foram descritas na seção a seguir 3.3.1.2 Sistema motriz.

3.3.1.2 Sistema motriz

Inicialmente, para avaliação de oportunidades de conservação de energia no sistema motriz realizou-se uma inspeção visual das condições de conservação e trabalho dos motores e verificação dos sistemas acionados. De acordo com a CNI (2009), esta verificação é importante, pois todas as deficiências destes sistemas são refletidas nos motores, gerando parâmetros que podem confundir e apresentar equivocadamente quais são e onde estão as causas da ineficiência energética.

Logo após, foi feito um levantamento dos dados das placas dos motores com a finalidade de conhecer suas características construtivas e operacionais, este apresenta-se como uma solução para uma primeira análise das instalações. Além disto, foram coletadas informações sobre as horas de funcionamento e os períodos de funcionamento de cada um dos motores.

Uma das principais causas do desperdício de energia no uso de motores elétricos é proveniente do seu dimensionamento incorreto. Desta forma, realizou-se uma avaliação das reais condições de carregamento dos motores elétricos de maior consumo na indústria através do uso do método expedito de linearização conforme Viana et al. (2012).

Devido à inexistência de um tacômetro durante as medições, a aplicação do método iniciou-se com a estimativa do valor de rotação. Para tal, realizou-se medições da corrente dos motores, utilizando um alicate amperímetro digital Fluke e calculou-se a rotação síncrona através da Equação 15:

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \quad (15)$$

Onde:

n_s : Rotação síncrona (rpm);

f : Frequência da rede (Hz);

p : Número de polos do motor.

Em seguida, calculou-se a rotação de trabalho por meio da Equação 16:

$$n_t = n_s - \left(\frac{I_t}{I_N} - \frac{I_0}{I_0} \right) \cdot (n_s - n_N) \quad (16)$$

Em que:

n_t : Rotação de trabalho (rpm);

n_N : Rotação nominal (rpm);

I_t : Corrente de trabalho (A);

I_0 : Corrente a vazio (A);

I_N : Corrente nominal (A).

Para o caso em que o motor estava acoplado através de uma correia não podendo ser desacoplada, o valor da corrente em vazio percentual foi calculado utilizando a Equação 17.

$$\frac{I_0}{I_n} (\%) = A_0 - B_0 \times \ln(P_N) \quad (17)$$

Sendo:

P_N : Potência nominal do motor (cv);

A_0 e B_0 : Coeficientes que variam com o número de polos do motor.

A Tabela 12 expõe os coeficientes determinados para a estimativa de corrente em vazio percentual em função da potência nominal do motor:

Tabela 12 - Valores dos coeficientes A_0 e B_0 em relação ao número de polos.

Número de polos	A_0	B_0
8 polos	77,463	-7,145
6 polos	72,110	-7,413
4 polos	67,484	-7,490
2 polos	56,855	-6,866

Fonte: Viana et al. (2012).

O conjugado nominal foi calculado a partir da Equação 18:

$$M_N = \frac{P_N}{n_N} \quad (18)$$

Em que:

P_N : Potência nominal do motor (cv).

A partir do valor da rotação de trabalho e do conjugado nominal encontrou-se o valor do conjugado de trabalho pela Equação 19.

$$M_t = M_N \left(\frac{n_s - n_t}{n_s - n_N} \right) \quad (19)$$

O cálculo da potência de trabalho (P_t) foi feito a partir da Equação 20.

$$P_t = M_t \cdot n_t \quad (20)$$

Por fim, calculou-se o fator de carregamento (F_C) por meio da Equação 21.

$$F_C = \frac{P_t}{P_N} \quad (21)$$

De acordo com Viana et al. (2012), se o valor do fator de carregamento estiver acima de 75% pode-se considerar que o motor está bem dimensionado, uma vez que o mesmo opera em uma região de operação com rendimentos elevados. No entanto, se o fator de carregamento estiver abaixo deste valor, não se pode afirmar que tal motor esteja sobredimensionado, mas há indícios de que esteja. Este fato ocorre porque existem situações em que o uso de motores sobredimensionados se faz necessário, como em ciclos de carga severos ou em partidas de cargas com alta inércia.

Conforme Castro (2008), quando o carregamento encontra-se inferior a 75% deve-se observar a curva característica do fabricante e selecionar um novo motor com potência nominal próxima à potência de trabalho calculada acima, certificando-se que o quociente P_t/P_N esteja na faixa de 80 a 100%.

3.3.1.3 Sistema de condicionamento de ar

O sistema de climatização foi analisado de forma qualitativa por meio de informações fornecidas pelos fabricantes e uma inspeção visual, na qual buscou-se identificar informações gerais, hábitos de utilização, planos de manutenção, monitoramento dos equipamentos e outras. A Tabela 13 apresenta as principais informações coletadas neste módulo temático.

Tabela 13 - Principais informações coletadas no sistema de climatização e suas descrições.

Informações coletadas	Descrições
Informações Gerais	Área climatizada (m ²); Tipo de ar condicionado; Tipo de iluminação; Potência; Coeficiente de performance (COP).
Hábitos de utilização	Período de operação por dia e mês; Temperatura do ambiente (°C);
Manutenção	Periodicidade da manutenção; Forma de monitoramento dos equipamentos; Sistemas de controle.
Outras informações	Sujidade; Condições de isolamentos; Vazamentos de óleo;

A análise quantitativa realizou-se apenas nas salas de corte, embalagens e temperos, através medição da temperatura e comparação com o valor recomendado pela Portaria SDA/MAPA/210/1998, que é de 12°C.

Em seguida, realizou-se o cálculo de carga térmica para adequação da temperatura dos ambientes onde os valores encontravam-se inferiores ao sugerido pela Portaria SDA/MAPA/210/1998, com auxílio do software Excel, a fim de evitar que multas e infrações sejam aplicadas.

Para suprir a demanda necessária nestes ambientes sugeriu-se a adequação do sistema com auxílio do software gratuito Coolselector 2 da Danfoss, que fornece sugestões para componentes, permitindo que o usuário selecione o mais adequado com base em diversos parâmetros, como capacidade de refrigeração, refrigerante, temperatura de evaporação, entre outras.

3.3.1.4 Sistema de iluminação

Para o sistema de iluminação realizou-se o levantamento criterioso acerca da sua situação atual, abordando os seguintes itens: características do ambiente, componentes do sistema e da

instalação, forma e horário de funcionamento, nível de iluminância nos planos de trabalho. A Tabela 14 detalha as informações coletadas em cada item.

Tabela 14 - Principais informações coletadas no sistema de iluminação e suas descrições.

Informações coletadas	Descrição
Características do ambiente	Avaliação da contribuição da luz natural no plano de trabalho;
Componentes do sistema e da instalação elétrica	Verificação do estado de conservação, possibilidades de reforma e forma de fixação das luminárias; Catalogação dos tipos, potência e eficiência luminosa das lâmpadas utilizadas;
Forma e horário de funcionamento	Verificação dos horários de funcionamento do sistema; Verificação da forma de controle de acionamento.
Iluminância nos planos de trabalho	Verificação do nível de iluminamento nos diferentes ambientes internos

Para medir nos planos de trabalho utilizou-se um luxímetro digital portátil da marca Instrutherm em condição de iluminação artificial. A iluminância foi medida nos planos de trabalho mantendo o luxímetro paralelo à superfície a ser avaliada, seguindo os critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 8995-1 (2013). A Tabela 15 apresenta os espaçamentos recomendados entre as medições nos planos de trabalho.

Tabela 15 - Espaçamentos de medições de iluminância.

Ambiente	Maior dimensão da zona ou local	Espaçamento entre medições
Área da tarefa	Aproximadamente 1 m	0,2 m

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 8995-1 (2013).

Em seguida, realizou-se o cálculo luminotécnico para adequação da iluminância para os locais onde os valores encontravam-se inferiores ao sugerido pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Primeiramente selecionou-se o tipo de luminárias e lâmpadas a utilizar e em seguida calculou-se o índice do local (K) através da Equação 22.

$$K = \frac{C \times L}{H \times (C + L)} \quad (22)$$

Em que,

K: Índice do local;

L: Largura do ambiente, em metros;

C: Comprimento do ambiente, em metros;

H: Altura entre o plano de trabalho e a luminária.

Logo após, o valor da iluminância média de cada ambiente foi comparado com os valores estipulados pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior, e pela Portaria SDA/MAPA/210/1998: Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves.

Em seguida, realizou-se o cálculo luminotécnico para adequação da iluminância para os locais onde os valores encontravam-se inferiores ao sugerido pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Primeiramente selecionou-se o tipo de luminárias e lâmpadas ideais para abatedouros.

Logo depois, determinou-se o fator de utilização (*U*) em função do índice do local (*K*) e dos índices de refletância do teto, parede e piso, conforme Tabela 16.

Tabela 16 - Índice de refletância de superfícies.

Superfície	Branco	Clara	Média	Escura
Teto	80%	70%	50%	30%
Parede		50%	30%	10%
Piso			30%	10%

Fonte: ELETROBRÁS/PROCEL (2011).

Em seguida, determinou-se o coeficiente de manutenção (*m*) tendo em consideração a limpeza do ambiente e o tempo entre cada manutenção. Procel (2002) determina que para cada um dos locais analisados o coeficiente de manutenção a ser considerado é:

- Conjunto limpo: fator igual a 0,80;
- Conjunto médio: fator igual a 0,70; e
- Conjunto sujo: fator igual a 0,60.

De posse destas informações calculou-se o fluxo luminoso através da Equação 23.

$$\phi = \frac{E \times A}{U \times m} \quad (23)$$

Onde:

ϕ : Fluxo luminoso total;

E: Iluminância mínima recomendada pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1;

A: Área a ser iluminada com a iluminância *E*;

U: Fator de utilização;

m: Coeficiente de manutenção.

E, por fim, calculou-se conforme a Equação 24 a quantidade de luminárias necessárias para que os ambientes obtivessem o nível de iluminância recomendado pela norma.

$$n = \frac{\phi}{\phi \text{ luminárias}} \quad (24)$$

Em que:

ϕ : Fluxo luminoso total;

$\phi \text{ luminárias}$: Número de lâmpadas por luminária x fluxo luminoso de cada lâmpada (lm – obtido a partir dos catálogos das lâmpadas);

3.3.1.5 Quadros de distribuição de circuitos

A auditoria neste módulo temático iniciou-se com uma análise qualitativa por meio de uma inspeção visual e levantamento de informações sobre a manutenção dos principais quadros de distribuição de circuitos da empresa, tendo em vista verificar o estado de conservação dos mesmos.

De acordo com Krause et al. (2002), quadros de distribuição antigos com sistemas de proteção inadequados e ultrapassados, com cabos com emendas malfeitas, conexões frouxas e falta de equipamentos de proteção, propiciam a ocorrência de perdas pela formação de pontos quentes.

Desta forma, realizou-se uma avaliação quantitativa por meio da termografia dos diferentes elementos que compõem o quadro de distribuição a fim de verificar pontos com temperaturas acima da máxima temperatura admissível (MTA). Para tal, utilizou-se uma câmera termográfica da marca Flir, modelo TG 165.

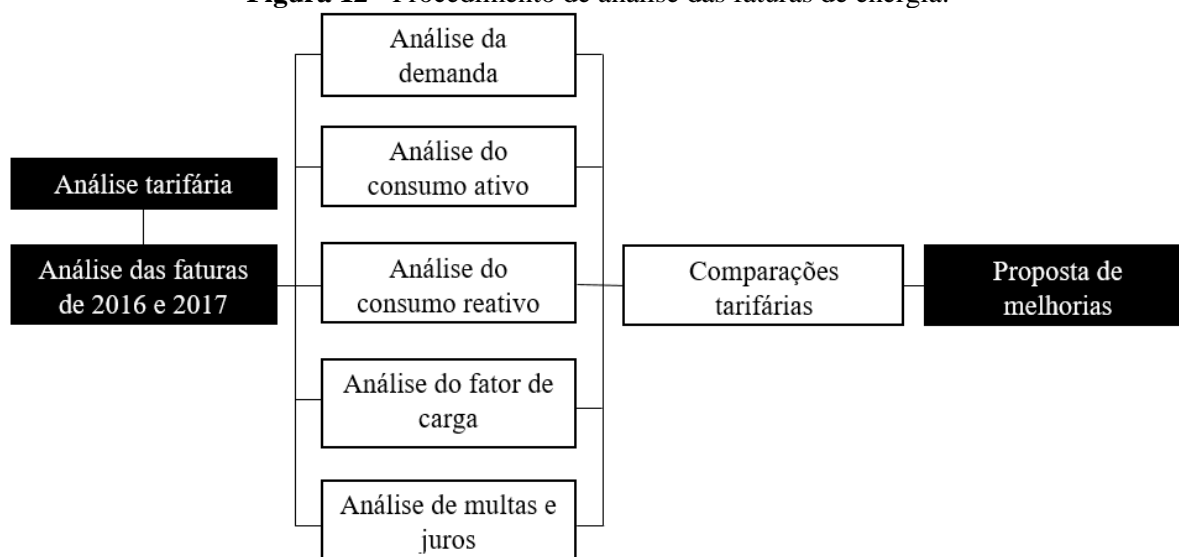
3.3.1.6 Análise tarifária

Para Viana et al. (2012), a análise tarifária mostra-se como uma boa alternativa para redução dos custos médios da energia. Diante disto, realizou-se a análise tarifária com base em informações obtidas nas faturas de energia e informações fornecidas pelo departamento administrativo da empresa num período de 2016 e 2017, a fim de investigar sobre a possibilidade de redução na carga total instalada através da adequação da opção tarifária,

otimização da demanda de potência e redução do consumo reativo excedente, com o auxílio de planilhas do Excel.

O fluxograma da Figura 12 demonstra as etapas executadas para análise das faturas de energia.

Figura 12 - Procedimento de análise das faturas de energia.



No que se refere à análise de demanda, a investigação teve como objetivo verificar se a demanda contratada encontrava-se adequada às necessidades reais da empresa, por meio da análise das demandas potência contratada, medidas e efetivamente faturadas, tendo em vista reduzir ou eliminar as ociosidades e ultrapassagens de demanda. Viana et al. (2012) esclarece que a empresa consumidora estará funcionando adequadamente se os valores de demanda de potência registrados, contratados e faturados tiverem o mesmo valor ou apresentarem valores próximos.

A análise do histórico de consumo ativo da empresa teve como intuito verificar o comportamento do mesmo ao longo do período de referência e relacioná-lo com fatos ocorridos neste período, como aumento na produção, reformas e aquisição de equipamentos.

De acordo com Guedes Júnior (2016), a presença de reativos excedentes repetitivos expõe problema típico de correção de fator de potência devido à ineficiência do sistema. O reativo excedente representa o valor que é cobrado do consumidor do grupo A caso o fator de potência da instalação seja menor do que 0,92. Desta forma, analisou-se a existência de pagamento de parcelas de consumo de energia reativa excedente

Além disto, efetuou-se também a análise do fator de carga, para obter informações sobre a eficiência energética das instalações da empresa, e multas e juros referentes a atrasos no pagamento.

A partir destas informações, elaborou-se simulações comparando as opções horo-sazonais verde e azul, utilizando valores da tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do grupo A da Coelba acrescidos do ICMS.

3.4 IDENTIFICAÇÃO, PRIORIZAÇÃO E REGISTRO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO

De acordo com AIDA (2014) a identificação e priorização das oportunidades de melhoria do desempenho energético representa um dos aspectos mais relevantes para o planejamento energético de uma organização, visto que fornece informações que contribuem para a melhoria do desempenho energético. Para Nordelo e Bonifaz (2013) esta atividade não deve se limitar apenas em aspectos técnicos, mas também deve incluir questões estruturais e organizacionais relacionadas ao uso e consumo de energia.

As oportunidades de melhoria energética foram identificadas através da análise das atuais práticas de gestão de energia da empresa e dos resultados obtidos na auditoria energética dos módulos temáticos.

3.4.1 Estudo de viabilidade econômica das alternativas de melhoria do desempenho energético

Os investimentos em melhoria da eficiência energética devem ser considerados como qualquer investimento e devem ser analisados com as mesmas ferramentas de avaliação econômica (EPA, 1998). Desta forma, para as principais oportunidades de melhoria proposta realizou-se um estudo de viabilidade econômica através de planilhas eletrônicas, utilizando indicadores como a Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Payback.

Para tal estudo de viabilidade, calculou-se o valor do investimento total levando em consideração o valor dos componentes e materiais. A economia líquida de energia gerada para cada uma das medidas de eficiência energética, que corresponde à diferença entre o consumo atual e o consumo se a medida for implantada, em termos monetários, foi obtida através da Equação 25.

$$\text{Economia líquida de energia} = (C_A \times T) - (C_F \times T) \quad (25)$$

Em que:

C_A : Consumo em kWh atual, ou seja, sem a medida de eficiência energética;

C_F : Consumo em kWh se implantar a medida de eficiência energética;

T : Tarifa paga pelo consumo R\$/kWh.

O Valor Presente Líquido (VPL) também é uma ferramenta muito utilizada para análise de projetos de eficiência energética. De acordo com Abreu Filho (2007) este indicador é simplesmente a diferença entre o valor presente do projeto ao longo da sua vida útil e o investimento do projeto na data atual. Em geral, quando o investimento possui VPL maior que zero é considerado lucrativo, sendo calculado através da Equação 26.

$$VPL = R \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} - I \quad (26)$$

Em que,

R : Total benefício anual (R\$);

i : Taxa de juro anual definida pelo agente financiador;

n : Vida útil equipamento (anos);

I : Investimento inicial total (R\$).

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que torna nulo o valor presente líquido do projeto dentro de um período de tempo estipulado, sendo calculada através da Equação 27.

$$0 = -FC_0 + \sum_{k=1}^N \frac{FC_k}{(1+i)^k} \quad (27)$$

Onde:

FC_k : Fluxo de caixa referente a cada ano no horizonte de planeamento;

FC_0 : Investimento inicial;

k : (1; N) : Períodos de horizonte de planeamento.

O critério de decisão consiste em comparar a TIR com a taxa mínima de atratividade (TMA) da empresa com o objetivo de verificar o desempenho do projeto diante das seguintes possibilidades:

TIR > TMA: o projeto é economicamente atrativo;

TIR < TMA: o projeto não é economicamente atrativo;

TIR = TMA: o investimento do projeto está em situação de indiferença.

Através do Payback Simples foi possível determinar o número de anos que o capital investido irá ser igualado pelos benefícios resultantes e pode ser obtida pela Equação 28.

$$\text{Período do Payback Simples} = \frac{\text{Ganho do investimento} - \text{Custo do investimento}}{\text{Benefícios anuais} - \text{Custos operacionais anuais}} \quad (28)$$

3.4.2 Matriz de decisão ou priorização das alternativas de melhoria do desempenho energético

Após a realização do estudo de viabilidade econômica das alternativas de melhoria do desempenho energético definiu-se dois critérios para priorizar as oportunidades propostas, sendo: potencial de redução do consumo de energia (kW, R\$), o investimento necessário (R\$) e exigência de portarias e normas. Para tanto, utilizou-se a matriz de decisão ou priorização, técnica que possibilita tomar decisão entre algumas alternativas ponderando diferentes critérios.

A elaboração da matriz de decisão ou priorização seguiu-se as etapas propostas por Cusa (2018):

- Listar os critérios para fundamentar a escolha;
- Listar as diversas alternativas de melhoria do desempenho energético;
- Construir uma tabela cruzando os dados;
- Estabelecer uma escala de avaliação e atribuir pesos a cada critério;
- Estabelecer os critérios de classificação e multiplicar os pontos, sendo selecionados como prioritários os projetos de maior pontuação.

3.5 LINHA DE BASE ENERGÉTICA

Para elaboração das linhas de base energéticas identificou-se as variáveis chave que afetam o consumo de energia. Conforme Pombeiro e Silva (2014), compreender a influência das diversas variáveis que podem influenciar o consumo de energia é essencial para determinar as economias de energia após a implementação de medidas de melhorias em um determinado espaço.

Para Nordelo e Bonifaz (2013), estas variáveis são específicas para cada processo, sistema de energia ou equipamento e determinam em grande parte o consumo de energia, desta forma devem ser adequadamente conhecidas e controladas. Para identificação de variáveis chaves que

afetam o consumo de energia e o desempenho energético na empresa em estudo, analisou-se dados das variáveis de produção em relação ao consumo de energia no período de referência. Estes dados foram compilados em planilhas eletrônicas e os resultados estatísticos foram obtidos por meio do software “R”, com suporte da interface RStudio.

Para Fossa e Sgarbi (2017), o período de análise para elaboração da linha de base deve ser superior a um intervalo de um ano para garantir a variabilidade dos padrões operacionais e a sazonalidade do consumo de energia e das variáveis relevantes. Desta forma, utilizou-se dados mensais de um período de dois anos (2016 – 2017).

Para conhecer a real relação existente entre as variáveis de produção por “Cabeça Abatida (unidade)” e por “Peso Abatido (kg)” e indícios sobre a variabilidade associada às mesmas elaborou-se um gráfico de correlação e dispersão em que foi possível obter o coeficiente de correlação (R), indicador da força de uma relação linear entre duas variáveis.

Para elaboração da linha de base utilizou-se o método de regressão linear múltipla. Esta técnica é muito utilizada com o objetivo de prever as mudanças da variável dependente “Consumo (kWh)” de acordo com as mudanças nas variáveis independentes “Cabeça Abatida (unidade)” e “Peso Abatido (kg)”, sendo representada pelo seguinte modelo (HOLLANDER e WOLFE, 1999), Equação 29:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \quad (29)$$

Em que:

β_0, β_1 e β_2 : Parâmetros dos coeficientes de regressão;

X_1 e X_2 : Regressores;

ε : Erro aleatório provindo das medições e análises dos dados;

Y_i : i-ésimo valor observado da variável dependente (consumo).

Para estimação dos parâmetros do modelo aplicou-se a metodologia clássica do método dos mínimos quadrados. Após a elaboração do modelo, realizou-se o teste de significância da regressão para determinar se existe uma relação linear entre a variável resposta e o subconjunto das variáveis regressoras. Para tal, utilizou-se as seguintes hipóteses:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_0: \beta_j \neq 0 \text{ para no mínimo um } j$$

A rejeição de $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ implica que no mínimo uma das variáveis regressoras contribui significativamente para o modelo. Além disto, para avaliar o ajuste do modelo analisou-se o coeficiente de determinação múltipla R^2 e R^2 ajustado.

De acordo a ABNT NBR ISO 50006 (2016) quando o coeficiente de determinação encontra-se inferior a 75% o modelo não é válido para prever o consumo de energia, pois não foi ajustado da melhor forma a partir dos dados.

Desta forma, elaborou-se uma nova linha de base para a Indústria Avícola A comparando sua produção e consumo com empresas do mesmo setor, encontradas no banco de dados do *Industrial Assessment Centers* (2018) e outras fontes da literatura.

3.6 INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

A construção dos indicadores de desempenho do presente trabalho foi elaborada de acordo com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR ISO 50006:2016, através das seguintes etapas:

1. Definição do limite do IDE

O primeiro passo do método proposto foi a definição de fronteiras apropriadas. De acordo com a ISO 50006 (2016), para que o desempenho energético seja medido convém que sejam definidas fronteiras de medição adequada para cada IDE. Estas são chamadas de fronteiras do IDE e podem se sobrepor. Para este estudo foi escolhida as áreas de fronteiras por onde se concentram os consumos significativos de energia.

2. Elaboração de IDE

A elaboração do IDE baseou-se nas informações correspondentes aos dados obtidos nas faturas de energia e na revisão energética realizada na fronteira definida. Os indicadores de desempenho energético propostos foram: Indicador de consumo específico por *benchmarking* e indicador de consumo do Sistema de Refrigeração.

- **Indicador de consumo específico por *benchmarking***

Conforme AIDA (2014) em organizações industriais os IDE geralmente relacionam o consumo de energia com a produção, sendo conhecido como índice de consumo ou consumo específico de energia. Este indicador é capaz de avaliar o comportamento do consumo frente a produção, fornecendo informações para análises comparativas entre dados de períodos

anteriores da organização ou entre outras organizações. Este indicador é calculado conforme Equação 30.

$$IC_{real} = \frac{\text{Consumo de energia (MWh)}}{\text{Produção (t)}} \quad (30)$$

Para este indicador elaborou-se um gráfico de controle com o intuito de verificar se os valores do mesmo encontravam-se dentro dos limites estabelecidos e analisar o seu comportamento ao longo do período de referência.

Neste estudo, o indicador de consumo específico foi utilizado com base na realização de análises comparativas ou *benchmarking* com dados de outras organizações. De acordo com Afonso (2016) *benchmarking* é o processo de comparar o desempenho de uma empresa com as práticas de outras empresas do mesmo setor, constituindo uma ferramenta que funciona como ponto de partida para melhoria da eficiência energética na indústria.

O indicador de consumo específico por *benchmarking* é um IDE de proporção dos valores medidos e para a sua elaboração utilizou-se do modelo de linha de base obtido por meio da comparação do consumo e produção da Indústria Avícola A com outras organizações do mesmo setor.

Em seguida, com o intuito de estabelecer uma ferramenta de comparação do indicador com valores padrões obteve-se a equação do índice de consumo base ($IC_{teórico}$) que resulta da divisão do modelo de linha de base obtido na seção 3.5 pelo valor da produção, conforme Equação 31.

$$IC_{teórico} = \frac{E_0 + mP}{\text{Produção}} \quad (31)$$

Onde:

E_0 : Parcela da energia que é independente da produção;

m : Parâmetro do coeficiente de regressão;

P : Produção.

Logo após, elaborou-se um gráfico de IC_{real} versus $IC_{teórico}$, através do qual foi possível comparar o desempenho energético da Indústria Avícola A em estudo frente a outras empresas do mesmo setor.

- **Indicador de consumo do Sistema de Refrigeração**

O indicador de consumo energético do Sistema de Refrigeração foi estabelecido por meio da divisão do consumo médio mensal de eletricidade (kWh) deste módulo temático pela produção média mensal de frango por peso abatido (kg), conforme Equação 32.

$$IC_{Refrigeração} = \frac{\text{Consumo médio mensal de eletricidade (kWh)}}{\text{Produção média mensal de frango (kg)}} \quad (32)$$

A partir do valor obtido realizou-se comparações com dados encontrados na literatura.

3.7 AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA

Para avaliar as práticas de gestão de energia atual da empresa do estudo de caso utilizou-se da ferramenta *Energy Management Self-Assessment Tool*, disponibilizada pela *Carbon Trust*. A partir desta ferramenta é possível determinar a posição atual da organização em relação ao gerenciamento de energia.

A ferramenta *Energy Management Self-Assessment Tool* está disponível no formato de pasta do Excel e possui dois métodos principais para avaliação a posição atual da organização em relação ao gerenciamento de energia, que são a matriz de gerenciamento de energia e a avaliação de gerenciamento de energia.

A matriz de gerenciamento de energia é capaz de fornecer uma rápida avaliação de alto nível sobre os pontos fortes e fracos em seis áreas do gerenciamento de energia (política energética, estrutura, treinamento e conscientização, medição do desempenho, comunicação e investimentos).

Com base dos dados coletados durante visitas e auditorias energéticas, as seis áreas do gerenciamento de energia foram pontuadas a partir do nível da descrição que melhor caracteriza a posição atual da organização, conforme critérios da Tabela 17.

Tabela 17 - Níveis para caracterização na matriz de gestão de energia.

Níveis	Especificações
Nível 0	Aplicado em empresas, plantas ou sistemas onde o gerenciamento de energia é praticamente inexistente.
Nível 1	Indica que há algumas práticas de gestão de energia informais e/ou rudimentares com iniciativa de divulgação e conscientização pontuais.
Nível 2	Indica que a importância do tema de gestão de energia é reconhecida pela alta direção, mas existe pouco suporte para as ações.
Nível 3	Indica que gestão de energia é discutida pela alta direção e está incorporada aos procedimentos da organização.
Nível 4	Há evidências claras de delegação de responsabilidade pelo consumo de energia em toda a organização.

Estas pontuações destacam a descrição relevante para cada área a fim de que um perfil seja construído indicando os pontos fortes e fracos da empresa em relação as ações de gestão de energia.

Por sua vez, a avaliação de gerenciamento de energia é capaz de fornecer um diagnóstico mais detalhado do desempenho do gerenciamento de energia através da análise de doze áreas principais (política energética, estratégia energética, estrutura organizacional, conformidade regulatória, política de aquisições, procedimentos de investimento, monitoramento e análise do uso de energia, estabelecimento de metas, identificação de oportunidades, engajamento e treinamento de pessoal, procedimentos operacionais, e comunicações) e suas características.

Estas características são ponderadas em grau de importância e possuem pontuações máximas variáveis. Ao final da avaliação, a pontuação percentual geral para cada uma das doze áreas é plotada em um gráfico tipo radar com o intuito de ilustrar os pontos fortes e fracos relativos ao gerenciamento de energia da empresa e, assim, identificar áreas para melhoria.

4. DESCRIÇÃO DA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO

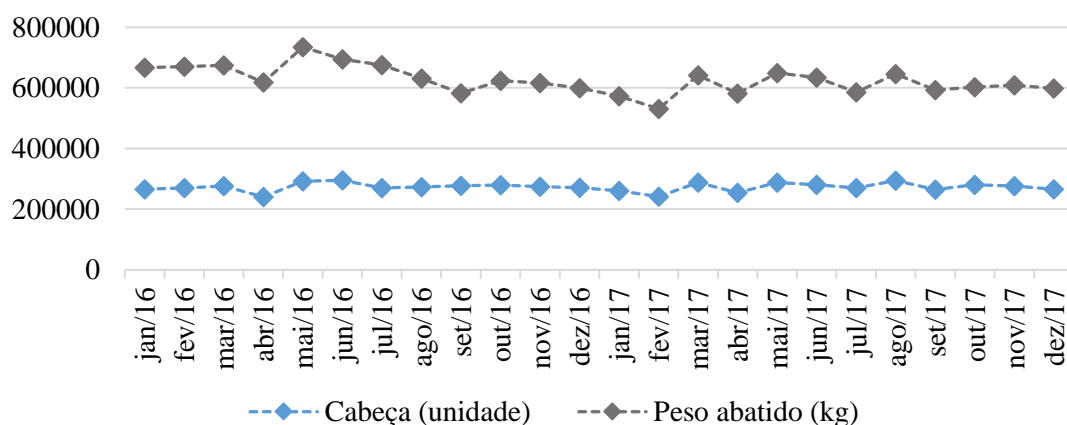
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A indústria escolhida para aplicação do estudo de caso possui como atividade principal a avicultura de frango de corte. Esta indústria surgiu em 1995 como um mini abatedouro com um volume de produção de 300 frangos abatidos por dia. Atualmente, a mesma executa todos os processos produtivos necessários para a comercialização do produto final, desde a criação até o abate, além de incluir outros processos secundários, como a fabricação de ração e transporte das aves.

As categorias nas quais seus produtos se encaixam são congelados, resfriados, embutidos e marinados, que podem ser frango inteiro, sobrecoxa, peito e linguiça nas mais diversas preparações e cortes. Para tal, são abatidas em média 13 mil frangos por dia, obedecendo uma padronização básica de 2 300 aves por ciclo, pesando em média 2,1 a 3 kg. A cada ciclo de produção todo o ambiente de abate é higienizado.

Por mês são abatidas cerca de 272 700 aves, totalizando aproximadamente 626 200 kg. A Figura 13 ilustra o comportamento do abate de aves da Indústria Avícola A durante o período de 2016 e 2017.

Figura 13 - Comportamento da produção total de frangos por cabeça abatida e quilogramas.



A indústria atua com regime de trabalho de 44 horas semanais, possuindo cerca de 10 funcionários terceirizados e 200 funcionários próprios, dos quais 85 realizam atividades no abate de aves. O regime de produção e abate é de segunda-feira a sexta-feira, podendo se estender aos sábados de acordo com a demanda. No entanto, os finais de semana são limitados a trabalhos de manutenção e operações de saneamento.

4.2 PROCESSO PRODUTIVO

A Indústria Avícola A possui o próprio criadouro de aves de corte, abatedouro e sistema frigorífico de estocagem dos produtos, além de módulo administrativo, sala de ração, refeitório, oficina, almoxarifado, entre outros. Por esta razão, pode-se dividir o processo produtivo em três: o processo de criação das aves, o processo de abate e processos secundários.

4.2.1 Processo de criação das aves

O processo de criação das aves é iniciado com a higienização dos galpões de criação, que devem estar limpos e sem a presença de aves por pelo menos dez dias para evitar contaminação. Além disto, se faz necessária uma última desinfecção do aviário e dos equipamentos na véspera da chegada dos pintos.

Em seguida, a cama de aviário é preparada, espalhando maravalha sobre o piso do galpão de maneira uniforme, a uma espessura de 5 a 8 cm de altura no verão e 8 a 10 cm no inverno, devendo permanecer no galpão até a saída do lote das aves.

Os pintos chegam aos galpões de criação com apenas um dia de vida, quando passam por uma inspeção visual e são contados. As aves que possuem perna retorcidas, cabeças e olhos defeituosos, bico cruzado e aspecto de inviabilidade de sobrevivência são separados. Neste momento, informações sobre o número de pintos do aviário, número de refugio, data de alojamento, ração fornecida e outros dados importantes são anotados.

O aquecimento é iniciado três horas antes da chegada dos pintos, uma vez que nas primeiras semanas de vida estas aves precisam de uma boa fonte de aquecimento, sendo que, nos primeiros dias, a necessidade é maior, diminuindo à medida que as aves crescem.

No decorrer dos dias, a temperatura do galpão é controlada de acordo com o comportamento das aves no seu interior. O aquecimento por meio de campânulas a lenha, com o objetivo de aquecer o ambiente do aviário e regular a temperatura desejada dentro do círculo de proteção. Para que o controle da temperatura seja feito, utiliza-se um termostato ligado a campânula, com um termômetro ligado a 5 cm acima da cama de aviário.

A partir do terceiro dia o galpão é expandido gradativamente, e pode ter suas lonas abertas diariamente, conforme o comportamento e crescimento dos pintos, e a estação do ano, atingindo o tamanho total após 7 a 8 dias no verão e 10 a 12 dias de vida no inverno. Além disto, o espaço entre os comedouros e bebedouros são modificados, de modo a deixá-los equidistantes uns dos outros e permitir a acessibilidade para todas as aves.

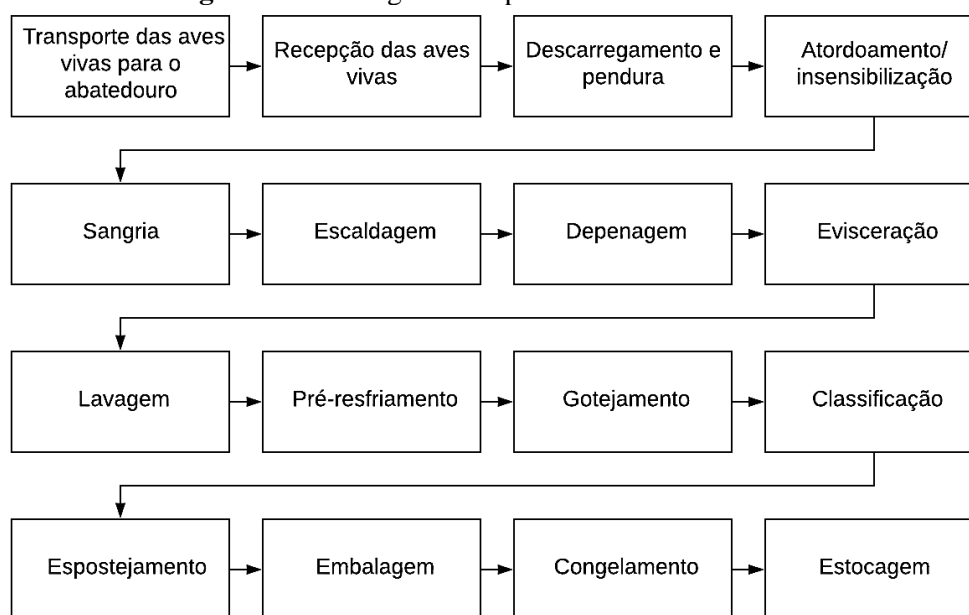
O ciclo de engorda, da fase de pinto ao frango adulto, dura em média 45 dias. Após este período, os frangos já estão prontos para o abate. Anterior a apanha as aves não devem ter acesso à ração, fazendo o jejum pré-abate de modo a reduzir o conteúdo gastrointestinal e a possibilidade de contaminação da carcaça na evisceração durante o rompimento do intestino.

A apanha é feita manualmente, sendo fundamental a distribuição das aves em pequenos grupos, de modo a facilitar a apanha, reduzir o impacto da movimentação das aves e evitar as perdas. Após esta etapa, as aves são colocadas em caixas para transporte. O número de aves por caixa leva em consideração o peso das aves, o clima e a distância do aviário ao abatedouro.

4.2.2 Processo de abate das aves

O processo de abate das aves passa pelas etapas descritas na Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma do processo de abate das aves.



O transporte das aves vivas para o abatedouro acontece com o deslocamento das aves do galpão de criação para a plataforma de recepção de abate. Estas aves são transportadas em caixas plásticas, que devem estar higienizadas e sanitizadas a cada ciclo de produção, tal como o caminhão de transporte.

A recepção das aves é iniciada com a chegada do caminhão ao abatedouro. De acordo com a Portaria SDA/MAPA/210/1998 (MAPA, 1998), a área destinada a recepção das aves deve ser coberta, protegida dos ventos e incidência direta dos raios solares, podendo ser parcial ou totalmente fechada, atendendo as condições climáticas da região. Além disto, a região deve

dispor de área suficiente, levando-se em conta a velocidade horário do abate e operações realizadas. Quando não for possível o abate imediato, a espera deve ser feita em local específico com cobertura e ventilação e, conforme a necessidade, umidificação ambiente.

Contudo, recepção deve ser feita o mais rápido possível para que o estresse pré-abate seja reduzido. Apesar disto, as aves podem aguardar nos locais de espera por no máximo 3 horas, desde que a temperatura das caixas seja controlada e o limite máximo de 12 horas de jejum respeitado.

As operações de desembarque e pendura consistem no estágio inicial preparatório para as operações no abatedouro. As caixas são descarregadas de forma manual e conduzidas em esteiras para a área de pendura, onde os funcionários posicionados ao longo da nória (linha contínua com ganchos que transportam os animais por toda a linha de abate), fazem a pendura manual e inspecionam as aves.

O atordoamento ou insensibilização é o processo aplicado ao animal para proporcionar um estado de inconsciência imediata, mantendo as funções vitais até o processo de sangria (MAPA, 2000). Neste processo, as aves são levadas, suspensas na nória, à insensibilização, em que ocorre a imersão das cabeças e parte dos pescoços, por aproximadamente 7 segundos, num tanque contendo água salobra para melhorar a condutividade da eletricidade. A insensibilização não deve promover, em hipótese alguma, a morte das aves e deve ser seguida pela etapa de sangria, deve acontecer num prazo máximo de 12 segundos.

A sangria é realizada em instalação própria e exclusiva e, conforme exposto anteriormente, deve ocorrer imediatamente após a insensibilização, podendo ser manual ou mecânica, de modo a provocar um rápido, profuso e mais completo escoamento do sangue, antes que o animal recupera a sensibilidade (MAPA, 1998). A operação de sangria deve ser efetuada com as aves contidas pelos pés na nória e realizada pela seção dos grandes vasos do pescoço, assegurando que as duas artérias carótidas tenham sido corretamente cortadas para evitar a morte e garantir o sangramento mais rápido. O tempo mínimo exigido para uma sangria total é de 3 minutos, sendo uma sangria completa de extrema importância para a boa apresentação da carcaça e de sua boa qualidade microbiológica.

A escaldagem é executada, obrigatoriamente, após o término da sangria, sob condições de temperatura e tempo ajustados às características do lote de aves em processamento, não sendo permitida a introdução de aves ainda vivas no sistema. A etapa de escaldagem é realizada pelos métodos de imersão em tanque com água aquecida através de vapor, conforme aprovado pelo DIPOA – Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (MAPA, 1998).

A forma como uma ave é depenada é de crucial importância para a sua apresentação como produto final. De acordo com a Portaria SDA/MAPA/210/1998, a depenagem deve ser mecanizada e executada com as aves suspensas pelos pés, imediatamente após a escaldagem. Para evitar o resfriamento das carcaças e a dificuldade do saque de penas, os depenadores são localizados próximos aos tanques de escaldagem e para reduzir problemas como traumas, hematoma, hemorragias e fraturas, os dedos da depenadeira são regulados de acordo com o tamanho das aves.

Para a evisceração possa ocorrer faz-se necessária a lavagem das carcaças depenadas por meio de chuveiros de aspersão dotados de água com a pressão adequada. Na evisceração as aves são preparadas para consumo pela remoção da cabeça, vísceras, pés, papo e pulmão. Esta etapa inclui também a coleta de miúdos, inspeção da sanidade das carcaças e remoção de ferimentos, edemas e ossos quebrados.

Em seguida, uma lavagem final por aspersão é feita por meio de um equipamento destinado a lavar eficazmente as superfícies internas e externas das carcaças. Para tal, a Portaria SDA/MAPA/210/1998 exige a instalação de hidrômetro para controle do volume da água consumida de no mínimo 1,5 litros por carcaça.

Logo após, ocorre o pré-resfriamento, ou pré-chiller, que tem como função iniciar o resfriamento, inibir o desenvolvimento microbiano, limpar e hidratar as carcaças, visando a recuperação da água perdida ao longo dos processos anteriores. Tal etapa é efetuada através da imersão em água gelada por resfriadores contínuos tipo rosca sem fim. A temperatura das carcaças no final desta etapa deverá ser igual ou inferior a 7°C, tolerando-se a temperatura de 10°C para as carcaças destinadas ao congelamento imediato. Por sua vez, os miúdos devem ser pré-resfriados em resfriadores contínuos, por imersão, obedecendo a temperatura máxima de 4°C.

Para a Portaria SDA/MAPA/210/1998, o gotejamento é realizado imediatamente após o pré-resfriamento, com as carcaças das aves suspensas pelas asas ou pescoço. Esta etapa tem como principal objetivo o escorrimento da água da carcaça decorrente da operação de pré-resfriamento por imersão, sendo permitida que a absorção máxima não deve ultrapassasse 8% do peso das aves.

Logo após, ocorrer a classificação das carcaças que devem ser destinadas para o processo de embalagem ou para o processo de corte de peças. A carcaça que apresenta um bom aspecto físico segue para ser embalada como peça inteira. Por sua vez, as carcaças que apresentam hematomas ou fraturas são destinadas ao corte.

Durante o esposteamento das carcaças acontece a desossa e todo tipo de cortes, de acordo com as exigências de mercado. Neste momento, a temperatura do setor não deve ultrapassar 12°C para manter a qualidade do produto até o final do seu processamento (MAPA, 1998).

O processo de embalagens possui a finalidade de conter, proteger e conservar os diversos produtos e transportá-los aos pontos de venda, podendo ser classificadas em primárias e secundárias, dependendo da função. A embalagem primária é aquela que acondiciona o produto para a apresentação em nível de gondola, tendo como exemplo as bandejas, que envolvem os cortes e miúdos embrulhados por um filme termo encolhível, e os sacos plásticos, para acondicionamento do frango inteiro. No entanto, a embalagem secundária é utilizada para o armazenamento e transporte dos produtos, podendo ser composta por caixa de papelão, celulose e até sacos plásticos.

Logo após, o produto embalado é encaminhado ao congelamento rápido, que evita a formação de cristais de gelo. Para tal, utiliza-se o túnel de congelamento, sendo necessário que o produto fique no interior do mesmo até que a temperatura interna do músculo peitoral atinja -18°C.

Em seguida, o produto é transferido para à câmara de estocagem. As carcaças de aves congeladas e armazenadas nas câmaras de estocagem não devem apresentar no interior da massa muscular uma temperatura superior a -12°C, com tolerância máxima de 2°C.

4.2.3 Processos secundários

Os processos secundários são aqueles que apoiam ou facilitam a execução dos processos de criação e abate das aves possibilitando que estes sejam realizados. Como exemplo de processos secundários pode-se citar a gestão de recursos humanos, gestão de almoxarifado, entre outros.

4.3 INSTALAÇÕES

4.3.1 Galpões de criação

A Indústria Avícola A possui atualmente 20 galpões de criação, com área média de 1 400 m² cada. Destes, 18 possui sistema de produção convencional sendo equipados com ventiladores, exaustores, lâmpadas fluorescentes compactas, motores de distribuição de ração, bomba d'água para nebulização, bomba d'água e campânulas a lenha.

Um dos galpões de criação possui o sistema de criação do tipo *Dark House*, sendo equipado com lâmpadas incandescentes, ventiladores, exaustores em pressão negativa, controladores de ventilação, temperatura e iluminação, motores de distribuição de ração, bomba d'água para nebulização, bomba d'água principal e campânulas a lenha.

Outro galpão possui como o sistema de criação do tipo *Blue House*, que utiliza a teoria da cor para proporcionar maior produtividade das aves por meio do controle da intensidade de luz e cor da cortina. O sistema *Blue House* é equipado da mesma forma que o *Dark House*, exceto pelas cortinas e forros serem azuis de um lado e reflexivo do outro.

4.3.2 Frigorífico

O frigorífico da Indústria Avícola A possui aproximadamente 1 700 m² e para evitar a contaminação cruzada o mesmo é dividido em duas áreas: área suja, onde ocorre as etapas de pendura até a limpeza dos pés, e área limpa, na qual são executadas as etapas de evisceração até a estocagem e expedição. Desta maneira, não é permitido que os funcionários que possuem atividades na área limpa adentrem a área suja e vice-versa. Por sua vez, o processo de abate na indústria se divide em quatro linhas: Linha de pendura, linha de evisceração, linha de respingo e linha de cortes.

As atividades de pendura, atordoamento, sangria, escaldagem e depena são executadas na área suja na linha de pendura. A operação de pendura é feita manualmente por uma equipe na plataforma de recepção. As aves são penduradas pelos pés nos ganchos da nória de transporte e, em seguida, são molhadas por chuveiros de água com temperatura ambiente.

O atordoamento é realizado por eletronarcose por meio de um insensibilizador elétrico com corrente de 3 A e tensão de 55V, aplicada em uma solução de água e sal na calha de atordoamento. As aves permanecem com a cabeça na calha por cerca de dez segundos, sendo a sangria realizada num prazo máximo de doze segundos após o atordoamento, de forma mecânica por um sangrador elétrico composto por dois motores.

A etapa de escaldagem é realizada pelos métodos de imersão em tanque com água aquecida através de vapor, sendo a primeira atividade para o processo de remoção das penas. Esta etapa faz uso de uma escaldadeira automática, em que as aves são imersas em água quente fortemente agitada, que transfere o calor para os folículos das penas.

Para a remoção das penas são utilizadas duas depenadeiras, instaladas em série, cada uma composta por dois motores. Estas são providas de dedos de borracha que realizam movimentos circulares para retirada das penas.

Após a lavagem das carcaças, o processo continua na área limpa ao longo da linha de evisceração. Nessa linha é feita a incisão da cloaca e abertura no abdômen, sendo estas operações feitas de modo manual. Logo após, as vísceras são expostas, examinadas e separadas, manualmente. Os pulmões são extraídos por meio de uma pistola de ar comprimido e o corte do pescoço por uma tesoura pneumática.

Em seguida as carcaças passam pelo pré-resfriador e, logo após, pelo resfriador. Tanto um quanto o outro são compostos de um tanque semicircular de alumínio provido de um transportador helicoidal acoplado a um eixo central movido por um redutor externo.

Na saída do resfriamento, as carcaças são penduradas manualmente por uma das asas na linha de respingo, para que ocorra o gotejamento, por cerca de cinco minutos. Através da nória de respingo, as carcaças e frango inteiro (com pés, miúdos e pescoço) são movidos até a mesa com esteira para embalagem primária, onde são embalados, pesados, distribuídos em caixas e transportadas até os túneis de congelamento e câmaras frigoríficas.

As carcaças que apresentam hematomas ou fraturas, não sendo aptas ao comércio de forma inteira, são destinadas a linha de cortes, para que ocorra o aproveitamento do produto. Os cortes são efetuados de forma manual e, posteriormente, os produtos cortados são embalados, pesados e distribuídos em caixas para serem encaminhados aos túneis de congelamento e câmaras frigoríficas.

4.3.3 Sala de Máquinas

A Sala de Máquinas possui cerca de 200 m² e consiste em um espaço reservado para abrigar os principais elementos e máquinas que são utilizadas nas operações gerais da instalação do frigorífico. Nesta estão situados os principais equipamentos do sistema de refrigeração e ar comprimido, bem como os quadros de distribuição que os alimentam.

O principal intuito da Sala de Máquinas é manter o nível de segurança, garantindo que pessoas não autorizadas não consigam entrar no espaço e comprometer a eficiência de qualquer um dos equipamentos instalados.

4.3.4 Outros Módulos

Além dos ambientes citados nos tópicos anteriores a Indústria Avícola A é composta também por módulo administrativo, sala de ração, refeitório, oficina, almoxarifado, entre outros módulos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO

5.1 ANÁLISE DE USO E CONSUMO DE ENERGIA

A partir de dados disponibilizados pela Indústria Avícola A realizou-se a caracterização energética com base na análise de informações históricas sobre o uso e consumo de energia durante o período de referência de 2016 e 2017, conforme a Tabela 18. As fontes de energia utilizadas pela empresa são eletricidade, lenha e óleo diesel. Para simplificar a análise e comparação, os dados de consumo destas fontes de energia foram convertidos para tonelada equivalente de petróleo (tep).

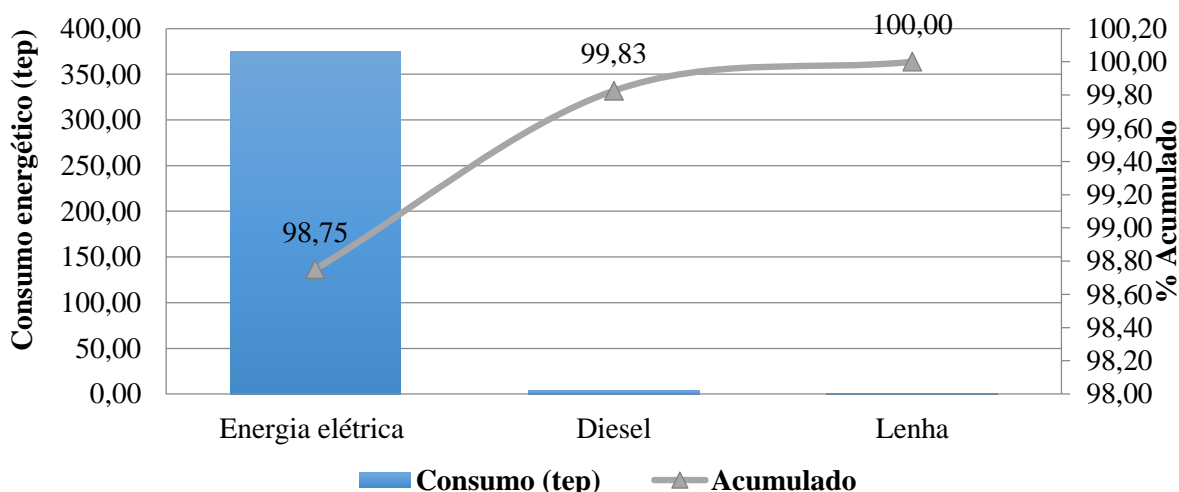
Tabela 18 - Dados do consumo de energia total de 2016 e 2017 convertidos em toneladas equivalentes de petróleo (tep).

Fonte	U/M	Consumo total	Fator de conversão	Consumo total (tep)
Energia elétrica	kWh	4 353 300	86×10^{-6}	374,38
Diesel	m ³	4,8	848×10^{-3}	4,07
Lenha	MJ	27 640	$23,38 \times 10^{-6}$	0,66
Total				379,11

A energia elétrica é utilizada nos processos produtivos de criação das aves, no abate das aves e nos processos secundários, sendo consumida principalmente pelos sistemas de refrigeração e motriz. A lenha é utilizada como combustível para as campânulas de aquecimento e caldeira nos processos de criação e abate das aves, respectivamente. O óleo diesel é utilizado como combustíveis para a movimentação de cargas e alimentação de um gerador.

A partir da análise do Diagrama de Pareto da Figura 15, o principal energético empregado na empresa durante o período de referência foi a eletricidade, com uma representatividade de 98,75%. Desta forma, os esforços pela eficiência energética foram dirigidos à eletricidade, por esta ser a fonte de energia de uso mais significativo.

Figura 15 - Diagrama de Pareto consumo das fontes de energia (2016-2017).



A energia elétrica consumida na empresa é adquirida junto à Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – Coelba, por meio de três contratos. De acordo com os dados de faturas mensais, o consumo médio de energia elétrica é de aproximadamente 181 390 kWh/mês, concentrado quase integralmente no horário fora de ponta, sendo o custo médio com energia elétrica equivalente a R\$79 240,00/mês. A Tabela 19 apresenta os o consumo de eletricidade por contrato durante o período de referência.

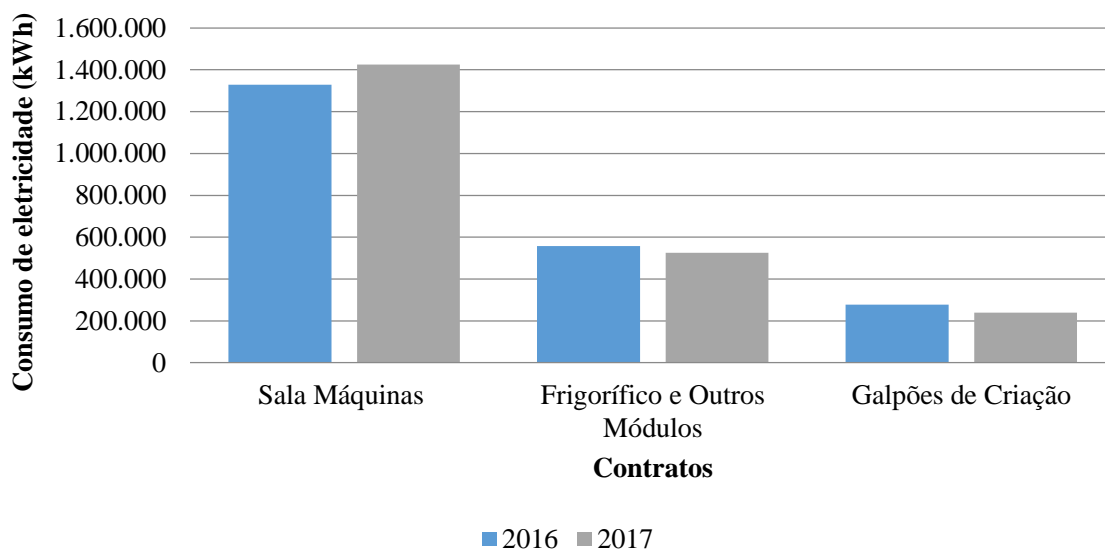
Tabela 19 - Consumo de energia elétrica em 2016 e 2017 por áreas.

Contrato	Unidade de medida	Ano	Consumo	Total
Sala de Máquinas	kWh	2016	1 328 718	2 754 330
	kWh	2017	1 425 612	
Frigorífico e Outros Módulos	kWh	2016	557 400	1 083 300
	kWh	2017	525 900	
Galpões de Criação	kWh	2016	277 020	515 670
	kWh	2017	238 650	
Total (kWh)			4 353 300	

A partir da análise do consumo de energia elétrica do período de referência, conforme Figura 16, constata-se um aumento no consumo da Sala de Máquinas 7,29% no seu consumo de 2017, representando um acréscimo de 96 893 kWh, sendo explicado principalmente pela aquisição de contêineres refrigerados, cujo com consumo anual estimado foi de 83 402 kWh.

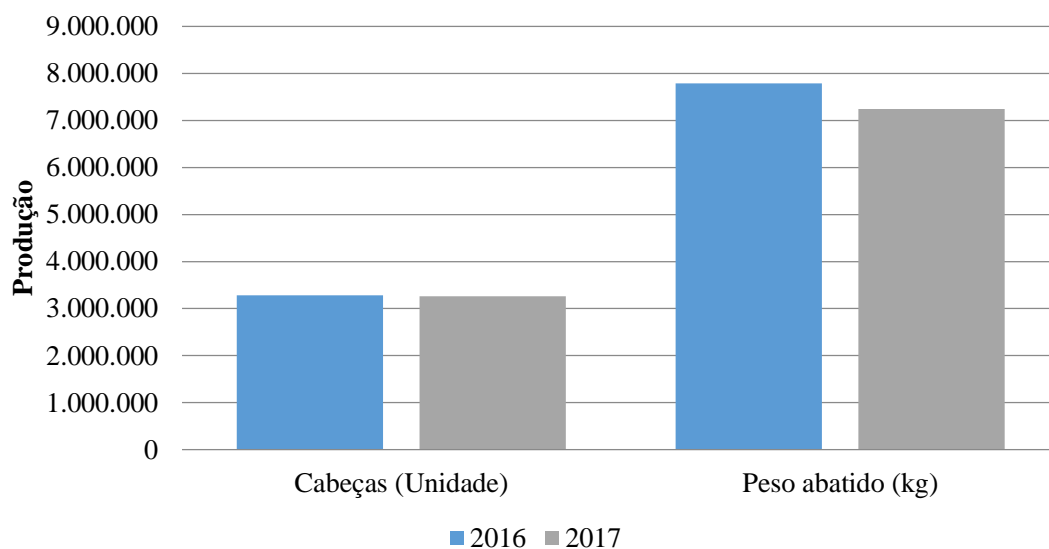
Por sua vez, o consumo relativo ao Frigorífico e Outros Módulos reduziu em 5,65 %, ou seja, 31 500 kWh foram consumidos a menos. Do mesmo modo, os Galpões de Criação também apresentaram decréscimo no consumo, equivalente a 13,85% ou 38 363 kWh. Estas reduções ocorreram em função da queda na produção.

Figura 16 - Comparação do consumo de eletricidade durante 2016 e 2017 por áreas.



A produção referente a 2017 apresentou redução em relação ao ano anterior, conforme pode ser observado na Figura 17. Em 2016 foram abatidas 3 293 897 aves, com peso total abatido a 7 785 675 kg, correspondendo a uma média de 2,37 kg/cabeça. No entanto, em 2017 foram abatidas 3 260 380 aves, equivalente a 7 242 604 kg abatido e uma média de 2,22 kg/cabeça. Esta redução equivaleu a 0,72% no número de cabeças abatidas e 7 % no peso abatido.

Figura 17 - Comparação da produção de aves durante 2016 e 2017.



5.2 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO SIGNIFICATIVO DE ENERGIA

A identificação das áreas de uso significativo de energia foi realizada com o objetivo de conhecer quais áreas de fronteira e módulos temáticos são responsáveis por maior parte do consumo de eletricidade da empresa. Para tal, analisou-se o consumo por meio de informações disponíveis nas faturas de energia e levantamento de carga a partir das áreas de fronteiras delimitadas.

No caso da Sala de Máquinas e Galpões de Criação utilizou-se do histórico de consumo disponível nas contas de eletricidade, pois a Indústria Avícola A conta com um contrato exclusivo para estas áreas. No entanto, para identificar o consumo referente ao Frigorífico utilizou-se dos dados do levantamento de carga, visto que o contrato em que este está inserido abrange também o consumo de outros módulos, como o administrativo, refeitório, sala de ração e outros. Esta etapa fez-se necessária para divisão das áreas de consumo por processo produtivo.

Desta forma, para cada área de fronteira calculou-se o consumo de energia elétrica mensal, conforme mostra a Tabela 20.

Tabela 20 - Consumo de energia elétrica por fronteiras.

Área de fronteira por processo	Setor	Consumo médio mensal (kWh)	Consumo de energia mensal (%)	Total (%)
Criação	Galpões de Criação	21 486	11,85	11,85
Abate	Sala de Máquinas	114 764	63,27	76,03
	Frigorífico	23 151	12,76	
Secundário	Outros Módulos	21 987	12,12	12,12
Total		181 387	100,00	100,00

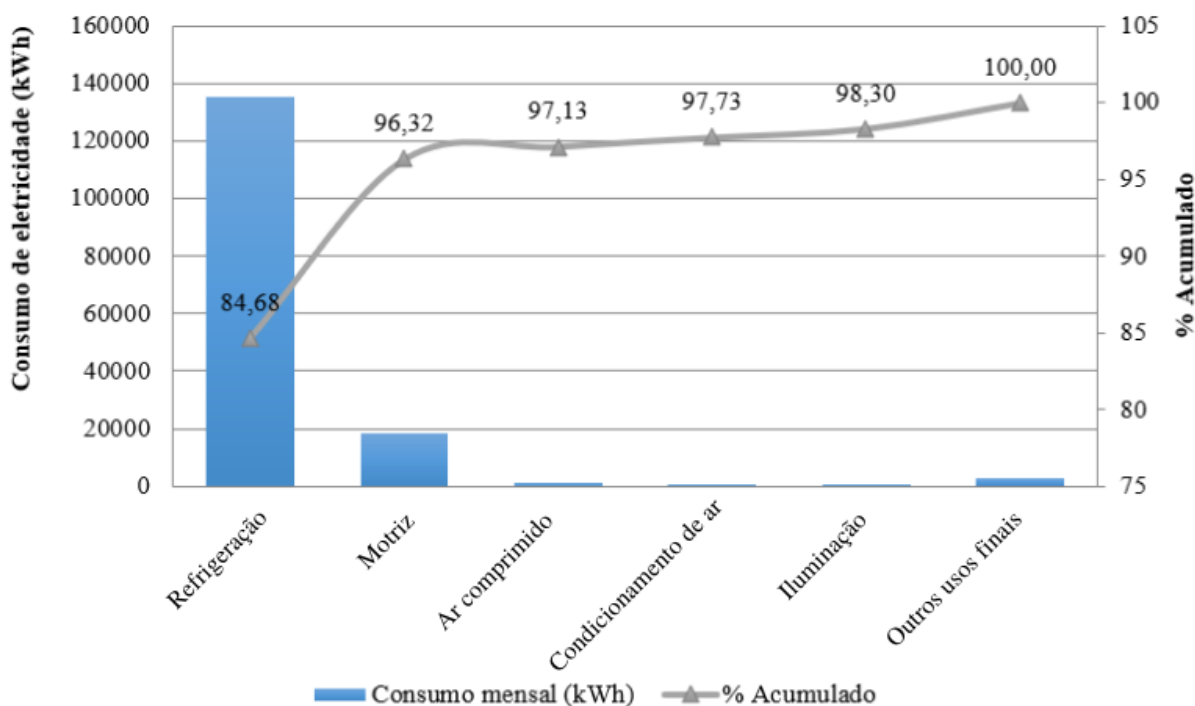
Verificou-se, conforme Tabela 20, que o processo de abate das aves é o responsável pela maior parcela do consumo de eletricidade da Indústria Avícola A. Diante disso e sendo de interesse da empresa, decidiu-se focar os esforços de gestão da energia nesta área de fronteira, que abrange a Sala de Máquinas e o Frigorífico.

Após determinar as áreas de maior consumo, procedeu-se a identificação dos módulos temáticos de uso significativos de energia a partir do levantamento de carga dos equipamentos consumidores, como pode ser visto no Apêndice A.

Por meio desse levantamento determinou-se seis módulos temáticos de uso final de energia elétrica, sendo: refrigeração, motriz, ar comprimido, condicionamento de ar e iluminação, e outros usos finais. Através do Diagrama de Pareto (Lei 80-20), apresentado na

Figura 18, constata-se que o módulo temático de refrigeração representa 84,68% do consumo total do Frigorífico e da Sala de Máquinas. Desta forma, de acordo à lei de Pareto, refrigeração é o módulo temático de maior influência no consumo de energia elétrica e oferece maior potencial para melhoria do desempenho energético da empresa.

Figura 18 - Diagrama de Pareto dos módulos temáticos.



Apesar do módulo de refrigeração ser o mais significativo, durante as visitas técnicas identificou-se algumas oportunidades nos módulos de sistema motriz, ar condicionado e iluminação. Desta forma, procedeu-se também a auditoria energética também nestes módulos, além da análise tarifária e dos quadros de distribuição e circuitos.

5.2.1 Auditoria Energética dos Módulos Temáticos

5.2.1.1 Sistema de refrigeração

O sistema de refrigeração é o módulo temático que mais consome energia elétrica na Indústria Avícola A, sendo seu uso indispensável na execução das atividades da empresa. A Indústria Avícola A possui atualmente quatro câmaras frigoríficas, três túneis de congelamento e dois contêineres refrigerados. A construção das câmaras frigoríficas e túneis de congelamento, bem como a aquisição de seus equipamentos, datam em 2002. Por sua vez, as aquisições dos

contêineres refrigerados datam em 2017. A Tabela 21 apresentam as dimensões e materiais utilizados na construção do sistema de refrigeração.

Tabela 21 – Características das câmaras frigoríficas, túneis de congelamento e contêineres refrigerados.

Câmaras	Capacidade (T)	Teto/Parede	Isolamento	Função
Câmara frigorífica “01”	20	Alvenaria e gesso	EPS isopor	Resfriamento
Câmara frigorífica “02”	30	Alvenaria e gesso	EPS isopor	Estoque
Câmara frigorífica “03”	20	Alvenaria e gesso	EPS isopor	Estoque
Câmara frigorífica “04”	20	Alvenaria e gesso	EPS isopor	Estoque
Túnel de congelamento “01”	25	Alvenaria e gesso	EPS isopor	Congelamento
Túnel de congelamento “02”	30	Alvenaria e gesso	EPS isopor	Congelamento
Túnel de congelamento “03”	30	Alvenaria e gesso	EPS isopor	Congelamento
Contêiner refrigerado “01”	22,3	Aço Corten	Painéis de poliuretano	Congelamento / Estoque
Contêiner refrigerado “02”	22,3	Aço Corten	Painéis de poliuretano	Congelamento / Estoque

Os compressores dos contêineres refrigerados encontram-se embutidos nos mesmos, por sua vez os utilizados pelas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento ficam localizados no espaço da Sala de Máquinas. Estes trabalham utilizando o ciclo termodinâmico por compressão a vapor e utilizam como fluido refrigerante o R407. As câmaras frigoríficas e túneis de congelamento são equipados com compressores semi-herméticos individuais da marca Bitzer, modelo 4H 15.2 Y e 6F 40.2 Y, sendo acionados via soft-starter.

A potência instalada dos principais equipamentos do sistema de refrigeração apresenta-se distribuída por compressores, evaporadores, máquina de gelo e iluminação. Os valores totais da potência estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Potência instalada do Sistema de Refrigeração.

Equipamento	Potência (kW)
Compressores	161,81
Fábrica de gelo	91,93
Evaporadores	8,18
Iluminação	0,42
Total	262,33

Em relação aos componentes que consomem energia elétrica no interior das câmaras, túneis e contêineres encontram-se os evaporadores e as lâmpadas. A Tabela 23 detalha melhor os componentes instalados no sistema de refrigeração.

Tabela 23 - Descrição dos componentes instalados nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento.

Equipamento	Volume (m ³)	Compressores		Evaporadores		Iluminação		Potência Total (kW)
		Potência (kW)	Quant.	Potência (kW)	Quant.	Potência (kW)	Quant.	
Compressor 1	183,82	11,03	2	0,58	2	0,045	11,66	
Compressor 2	196,144	29,42	2	0,58	2	0,045	30,05	
Compressor 3	178,296	11,03	2	0,58	2	0,045	11,66	
Compressor 4	183,264	11,03	2	0,58	2	0,045	11,66	
Compressor 5	256,968	29,42	4	1,17	2	0,045	30,63	
Compressor 6	325,68	29,42	6	1,75	2	0,045	31,22	
Compressor 7	325,68	29,42	6	1,75	2	0,045	31,22	
Compressor 8	42,15	5,516	2	0,58	2	0,05	6,15	
Compressor 9	42,15	5,516	2	0,58	2	0,05	6,15	
Total	1649,85	161,81	28	8,18	18	0,42	170,40	

Os compressores de 1 a 4 são responsáveis pelas câmaras frigoríficas. Por sua vez, os compressores de 5 a 7 correspondem aos túneis de congelamento e os compressores 8 e 9 pelos contêineres refrigerados. Além disto, há um compressor (compressor 10) de 125 CV na fábrica de gelo. Esta é utilizada no processo de resfriamento das carcaças de frango, sendo responsável pelo resfriamento do *pré-chiller* e *chiller*.

Por meio da análise qualitativa realizadas nas câmaras frigoríficas, túneis de congelamento e contêineres refrigerados constatou-se que:

- Evaporadores: Há formação de gelo nos evaporadores, que pode ser consequência da falta de manutenção preventiva e limpeza dos mesmos. Além disso, em algumas câmaras haviam evaporadores com aletas quebradas e outros sem funcionamento.
- Controle de iluminação: Nas câmaras frias e túneis de congelamento o acionamento das lâmpadas é feito de forma manual. Este fato pode acarretar um consumo desnecessário de energia elétrica, caso o operador a esqueça acesa.
- Isolamento das portas: Algumas portas das câmaras frigoríficas se encontram com isolamento térmica comprometida. Este problema pode ser inerente do desgaste da própria

isolação ou na fixação mecânica das portas. Este fato pode ocasionar uma perda térmica além do esperado. Além disso, há formação de gelo no chão e na porta que pode estar sendo provocada pela abertura constante das portas e falhas no isolamento das câmaras.

- Hábito de abertura das portas: As portas são abertas constantemente, muitas vezes sem a real necessidade. Durante a estocagem a porta é deixada aberta, por períodos prolongados, até que o processo seja finalizado.
- Armazenamento: Verificou-se que os produtos estão armazenados de forma inadequada. As caixas de produtos são empilhadas abaixo do evaporador e encostadas nas paredes, o que dificulta a circulação do ar. Além disso, as filas de caixas são colocadas próximas umas das outras.
- Controle de estoque: O controle de estoque não é feito adequadamente, visto que muitas vezes os produtos que estão sendo congelados ou resfriados a menor tempo são escoados primeiro que os produtos de maior tempo.
- Planos de manutenção: A empresa não conta com plano de manutenção para as câmaras frigoríficas. Os equipamentos são reparados mediante defeito ou problemas de funcionamento.

Além disso, através da utilização de uma câmera térmica Flir foi possível localizar locais de maior temperatura, possíveis fugas e locais de isolamento inefficientes dentro das câmaras frigoríficas, conforme ilustrado nas Figuras 19 e 20.

Figura 19 - Fuga de frio devido ao isolamento inefficiente das portas (parte inferior).

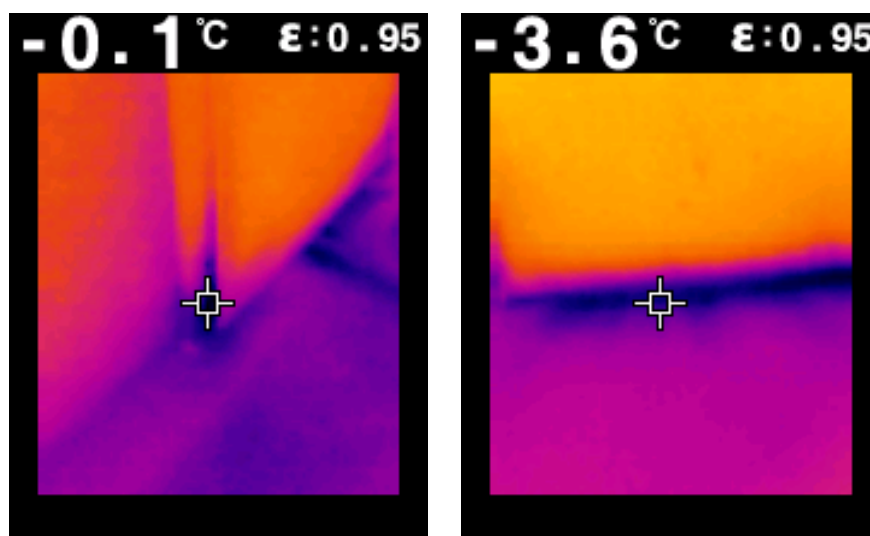
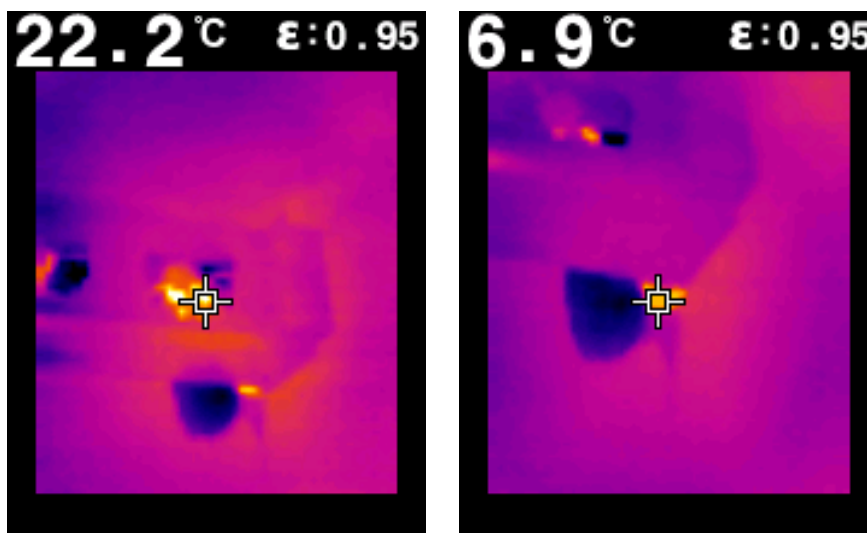


Figura 20 - Isolamento ineficiente no isolamento do evaporador (interior da câmara).



A partir da inspeção visual realizada nos compressores verificou-se que alguns se encontram com presença de ferrugem, sujeira e vazamento de óleo, conforme Figura 21. O vazamento de óleo foi encontrado no compressor 10, referente à fábrica de gelo, e a presença de ferrugem e sujeira em alguns compressores da Sala de Máquinas.

Figura 21 - Situação dos compressores do Sistema de Refrigeração.



Identificou-se também que os isolamentos das tubulações estão comprometidos ou inexistentes, conforme pode ser observado na Figura 22, acarretando a presença de gelo. Este fato ocorre devido à baixa temperatura que leva a umidade do ar que está em volta a condensar, podendo gerar perdas de eficiência no sistema e corrosão das tubulações e elementos que se localizam próximos.

Figura 22 – Presença de gelo nas tubulações devido a precariedade dos isolamentos.



Por meio da análise quantitativa realizadas no sistema de refrigeração foram observados os seguintes itens relacionados:

1. Cálculo da carga térmica do sistema de refrigeração

Com o intuito de verificar a conformidade do sistema de refrigeração da Indústria Avícola A realizou-se o cálculo de carga térmica das câmaras frigoríficas e túneis de congelamento. A Tabela 24 apresenta os valores de carga térmica horária e capacidade frigorífica necessária para o funcionamento adequado do sistema, bem como a capacidade frigorífica instalada atualmente, que foi obtida por meio de informações contidas no manual do fabricante. O cálculo de carga térmica encontra-se exemplificado no Apêndice D.

Tabela 24 – Cálculo de carga térmica das câmaras frigoríficas e túneis de congelamento.

Ambiente	Cálculo de carga térmica		Sistema atual
	Carga térmica horária (kcal/h)	Capacidade frigorífica necessária (kWt)	Capacidade frigorífica atual (kWt)
Câmara frigorífica “01”	10 377,0	12,06	41,2
Câmara frigorífica “02”	13 987,4	16,27	82,8
Câmara frigorífica “03”	13 539,8	15,75	41,2
Câmara frigorífica “04”	13 793,9	16,04	41,2
Túnel de congelamento “01”	38 957,0	45,30	82,8
Túnel de congelamento “02”	40 660,2	47,29	82,8
Túnel de congelamento “03”	40 660,2	47,29	82,8
Total	171 975,5	200	454,8

A partir da Tabela 24 percebeu-se que os compressores utilizados encontram-se superdimensionado em relação a carga térmica calculada. Este fato justifica-se pela falta de um estudo detalhado e planejamento prévio da carga térmica necessária para suprir a necessidade do sistema.

Para a correta utilização dos sistemas frigoríficos é muito importante que os equipamentos de refrigeração supram à carga térmica requerida, uma vez que se os equipamentos que não atendem à potência frigorífica necessária, não é possível resfriar o ar e os produtos no interior da câmara. Por sua vez, equipamentos superdimensionados são mais caros, consomem mais energia e tem vida útil reduzida por estarem constantemente em liga-desliga.

2. Perda devido à inexistência de termostato ou pressostato

Apesar de ser conhecida as vantagens no uso de um termostato para controle da temperatura, a Indústria Avícola A não faz uso deste dispositivo em suas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento. A Tabela 25 apresenta o resultado do cálculo da perda de energia devido à falta de um sistema de controle nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento.

Tabela 25 - Perda devido à inexistência de termostato ou pressostato.

Ambiente	Potência		Horas de operação (mês)	Consumo médio mensal (kWh)	Perda por falta de termostato (kWh)
	CV	kW			
Câmara frigorífica “01”	15,2	11,03	630	6 950,16	1 737,54
Câmara frigorífica “02”	40,5	29,42	630	18 534,6	4 633,65
Câmara frigorífica “03”	15,2	11,03	630	6 948,9	1 737,225
Câmara frigorífica “04”	15,2	11,03	630	6 950,16	1 737,54
Túnel de congelamento “01”	40,5	29,42	630	18 534,6	4 633,65
Túnel de congelamento “02”	40,5	29,42	630	18 534,6	4 633,65
Túnel de congelamento “03”	40,5	29,42	630	18 534,6	4 633,65
Total				94 987,62	23 746,90

O desperdício de energia elétrica associado à inexistência do termostato nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento representa 25% da energia consumida pelos compressores.

3. Comparação da temperatura média das câmaras com a recomendada pela Portaria SDA/MAPA/210/1998

Como a temperatura influencia na multiplicação bacteriana, a falta de controle da temperatura de conservação dos produtos acarreta não só perdas econômicas e nutricionais, mas também compromete a segurança sanitária e altera as características dos alimentos. Tendo isto em vista, comparou-se a temperatura das câmaras frigoríficas, túneis de congelamento e contêineres refrigerados com a admissível pela Portaria SDA/MAPA/210/1998, sendo apresentada na Tabela 26. Estes valores foram adquiridos através dos medidores de temperatura individuais presentes na empresa.

Tabela 26 - Comparação da temperatura dos ambientes refrigerados à temperatura admissível pela Portaria SDA/MAPA/210/1998.

Ambiente	Temperatura média medida (°C)	Temperatura recomendada (°C)
Câmara frigorífica “01”	- 5	0 a 4 (± 1)
Câmara frigorífica “02”	- 6	0 a 4 (± 1)
Câmara frigorífica “03”	- 5	0 a 4 (± 1)
Câmara frigorífica “04”	- 5	0 a 4 (± 1)
Túnel de congelamento “01”	- 21	-18 (± 1)
Túnel de congelamento “02”	- 20,5	-18 (± 1)
Túnel de congelamento “03”	- 21,4	-18 (± 1)
Contêiner refrigerado “01”	-18,2	-18 (± 1)
Contêiner refrigerado “02”	-17,8	-18 (± 1)

Durante o período de medições verificou-se que as câmaras frigoríficas e túneis de congelamento se encontram com a temperatura média abaixo da recomendada pela Portaria SDA/MAPA/210/1998, o que significa que os compressores estão funcionando mais que o necessário. No entanto, para os contêineres refrigerados as temperaturas encontram-se adequadas.

4. Comparação da iluminância média das câmaras com a recomendada pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

As lâmpadas utilizadas nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento são do tipo fluorescente de 45 W de 2760 lm e 50 W de 3100, com luminárias herméticas com grau de proteção IP65, que significa as mesmas são resistentes a jatos de água.

Com medições de iluminância média realizada com o luxímetro nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento obteve-se uma média de 40 lux, valor que não atende a norma ABNT

NBR ISO/CIE 8995. Para estes locais a norma estabelece 100 lux ou 200 lux, se os mesmos forem continuamente ocupados.

5. Avaliação das reais condições de carregamento dos motores dos compressores

Tendo em vista a importância do sistema de refrigeração, realizou-se a análise de carregamento dos motores dos compressores pelo método da linearização, conforme determinado no tópico 3.3.1.2 *Sistema Motriz*, com o objetivo de avaliar as reais condições de operação. Na Tabela 27 podem ser vistos os dados de placa de cada motor, o valor da corrente medida e o fator de carregamento calculado.

Tabela 27 – Informações e carregamento dos motores dos compressores do Sistema de Refrigeração.

Equipamento	Potência		Rotação (rpm)	Nº de polos	Tensão (V)	Corrente Nominal (A)	Corrente de Trabalho (A)	Carregamento (%)
	CV	kW						
Compressor 1	15,2	11,03	1750	4	380	32,1	26,8	69,40
Compressor 2	40,5	29,42	1750	4	380	68,1	47,2	49,77
Compressor 3	15,2	11,03	1750	4	380	32,1	27,5	73,47
Compressor 4	15,2	11,03	1750	4	380	32,1	26,9	69,98
Compressor 5	40,5	29,42	1750	4	380	68,1	49,7	55,85
Compressor 6	40,5	29,42	1750	4	380	68,1	50,5	57,80
Compressor 7	40,5	29,42	1750	4	380	68,1	51,1	59,25
Compressor 8	7,5	5,52	1750	4	380	14,1	13,5	91,29
Compressor 9	7,5	5,52	1750	4	380	14,1	13,1	85,47
Compressor 10	125	91,93	1780	4	380	171	142,5	78,48

À vista disso, notou-se que os motores dos compressores dos contêineres refrigerados e da fábrica de gelo estão trabalhando com o carregamento recomendado, entre 75% e 100%, evidenciando que os mesmos estão bem dimensionados. No entanto, os demais encontram-se fora da faixa do fator de carregamento, ou seja, abaixo de 75%, dando indícios encontram-se sobredimensionados.

5.2.1.2 Sistema motriz

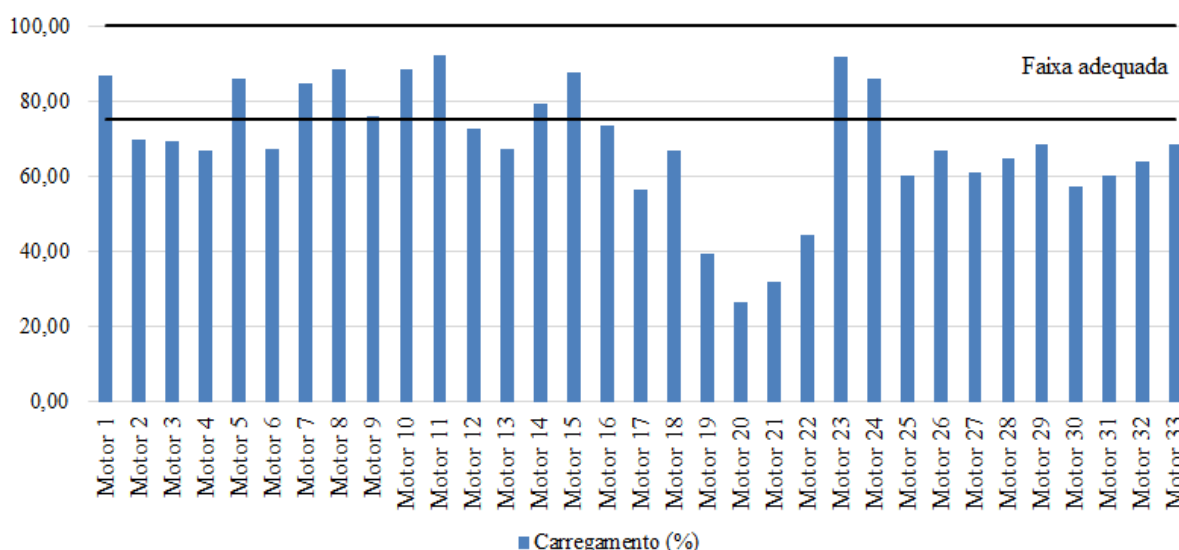
Durante a auditoria realizada neste módulo temático foram vistoriados os motores que se encontram na área de fronteira do Frigorífico e auxiliam os processos de abate, evisceração, cortes, embalagem, processamento de carnes, entre outros. Estes motores possuem entre 10 e

17 anos de operação e, por meio da inspeção visual, constatou-se que os mesmos não apresentam danos nos cabearmentos ou problemas de ligações na rede elétrica. No entanto, alguns motores encontram-se enferrujados e com sujeidade.

De acordo ao item 3.3.1.2 *Sistema matriz* no capítulo de Procedimentos Metodológicos, a principal análise deste módulo temático consiste no cálculo de carregamento dos motores das áreas de fronteira da Indústria Avícola A. No Apêndice C são apresentados os dados coletados da placa de cada motor, o valor da corrente medida, o fator de potência e o fator de carregamento calculado.

Conforme a Figura 23, nota-se que dos motores existentes na indústria apenas 11 encontram-se operando na faixa do fator de carregamento, entre 75% e 100%, sendo considerados como bem dimensionados, haja vista que estes trabalham em uma região de operação com rendimentos elevados.

Figura 23 - Carregamento dos motores.



No entanto, os demais motores encontram-se fora da faixa do fator de carregamento, ou seja, abaixo de 75%, dando indícios que estes motores encontram-se sobredimensionados. Nos motores que se encontram fora da faixa do fator de carregamento pode-se inferir que os mesmos estão com baixo fator de potência. Supõe-se que isso ocorra devido a estes motores serem de pequenas potências e antigos.

A afirmação de que os motores com fator de carregamento inferior a 75% estão sobredimensionados deve-se ao fato de que os mesmos não operam em ciclos de carga severos

ou em partidas de cargas com alta inércia, onde o uso de motores sobredimensionados se faz necessário.

5.2.1.3 Sistema de condicionamento de ar

Apesar do baixo consumo em relação a outros sistemas da empresa, é importante comentar algumas características do sistema condicionamento de ar. O Frigorífico possui apenas um aparelho de ar-condicionado *Split* piso-teto do tipo frio com capacidade de refrigeração nominal de 58 000 BTU/h (4,85 TR) e coeficiente de eficiência energética de 2,73 W/W, pertencendo a classificação energética na faixa D, conforme especificações da tabela do Inmetro (2017).

O aparelho está localizado na área de circulação para resfriamento da sala de embutidos e espaço de corte e embalagem, com área total de 260 m². Este funciona com potência máxima, de segunda a sexta, durante todo o expediente de trabalho. Desta forma, o consumo total mensal atinge 995,2 kWh/mês.

Através da inspeção visual realizada no sistema de condicionamento de ar constatou-se que o equipamento não possui sistema de controle e monitoramento da temperatura, necessita de limpeza nos filtros e alguns reparos. Além disto, o aparelho encontra-se subdimensionado, pois sua capacidade de refrigeração está abaixo da demanda, ou seja, o número de BTU/h é menor do que o ambiente necessita.

Além disso, verificou-se que a sala de temperos não se encontra climatizada, conforme exige a Portaria SDA/MAPA/210/1998.

5.2.1.4 Sistema de iluminação

O sistema de iluminação possui acionamento manual e permanece em funcionamento durante todo o expediente de trabalho. Na área do Frigorífico as lâmpadas instaladas são do tipo fluorescente compacta de 15 W, 25 W e 45 W, com fluxo luminoso de 960, 1 500 e 2 745 lm, respectivamente. A vida útil média destas lâmpadas é de 7 000 horas.

As luminárias utilizadas possuem formato quadrado e são compostas por alumínio e vidro transparente, acopladas com dois soquetes tipo E27 para lâmpadas fluorescentes, incandescentes e LED com potência máxima de 60 W.

Apesar do consumo pouco significativo em relação a outros módulos, foram identificadas algumas causas que contribuem para o uso não eficiente deste sistema. A partir da inspeção

visual realizada verificou-se que algumas luminárias estão com lâmpadas queimadas e com sujidade. Além disto, algumas lâmpadas encontravam-se acessas em ambientes sem trabalhadores e com grande contribuição da iluminação natural.

As medições de iluminância média nos planos de trabalho foram realizadas com um luxímetro na situação de lâmpadas acesas, uma vez que os locais contam com baixa ou nenhuma iluminação natural. Na Tabela 28 encontram-se os valores da iluminância média medida e os valores mínimos estabelecidos segundo as diretrizes da norma ABNT NBR ISO/CIE 8991-1 para cada tipo de ambiente.

Tabela 28 - Iluminância média medida e níveis de iluminância exigidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Planos de trabalho	Área (m ²)	Iluminância para atividade (lux)	Iluminância medida (lux)	Tipo de atividade
Sala de temperos	14,30	500	300	
Sala de marinados	34,00	500	280	
CMS	23,30	500	285	
Embutidos	35,00	500	280	
Corte e embalagens	157,20	500	110	Locais de trabalho e zonas para abatedouros e açougues
Evisceração	53,00	500	245	
Escalda e depena	72,40	500	140	
Túnel de sangria	17,10	500	200	
Sangria	3,70	500	180	
Expurgos e penas	27,50	500	190	
Embutidos e estoque de embutidos	34,50	100	60	Depósito, estoques, câmara fria
Depósito de caixas	39,40	100	105	
Sala de embalagem primária	16,50	100	65	
Expedição	82,50	300	250	Expedição
Controle de expedição	7,20	150	105	Estação de controle
Lavagem de caixas	47,80	200	195	Lavagem de utensílios

Os planos de trabalho dos ambientes de depósito de caixas e lavagem de caixas estão com níveis de iluminância bem próximos ao valor exigido pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8991-1. No entanto, o restante dos ambientes analisados se encontra com nível de luminância abaixo do recomendado.

5.2.1.5 Quadro de distribuição e circuito

Por meio da inspeção visual percebeu-se que os quadros de distribuição estão conservados, não contando com emendas malfeitas e conexões frouxas, e com sistemas de proteção adequados. No entanto, a manutenção apenas é realizada quando ocorre algum dano ou problema no sistema.

Através da avaliação quantitativa por meio da câmera termográfica Flir foi possível visualizar a temperatura dos componentes dos quadros de distribuição para compará-las com a máxima temperatura admissível (MTA). As Figuras 24, 25 e 26 ilustram os valores da temperatura de componentes do quadro de distribuição da Sala de Máquinas e do Frigorífico.

Figura 24 - Análise termográfica do quadro de distribuição da Sala de Máquinas.

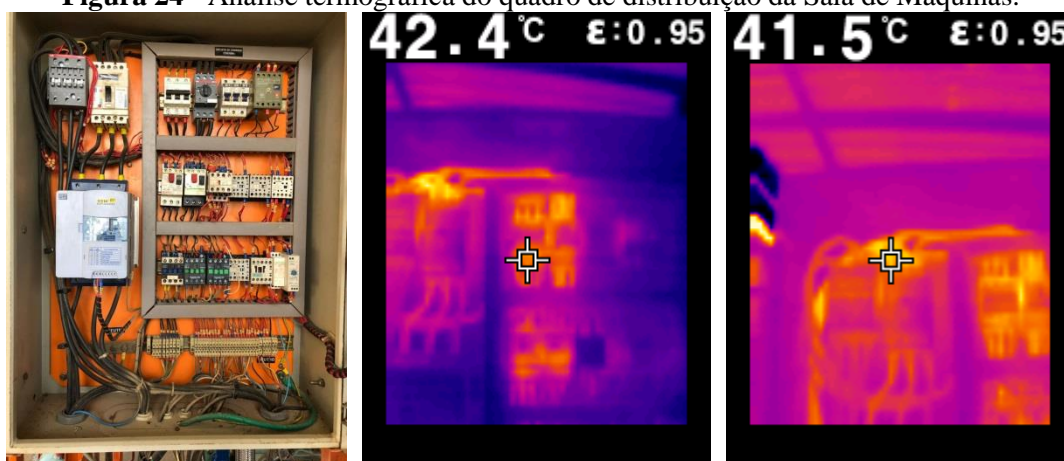


Figura 25 - Análise termográfica do quadro de distribuição “01” do Frigorífico.

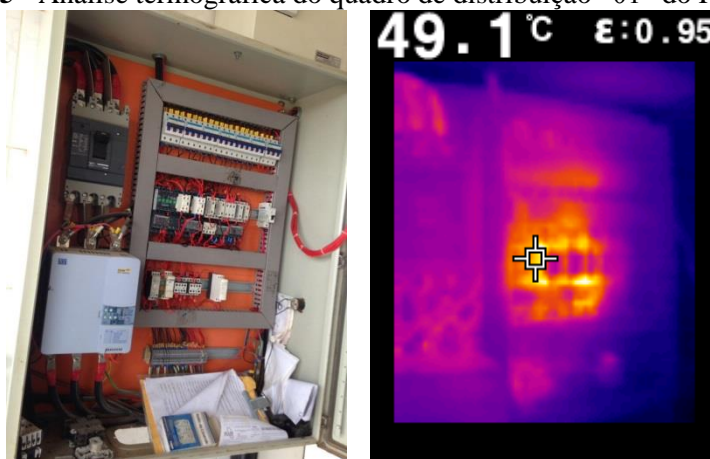
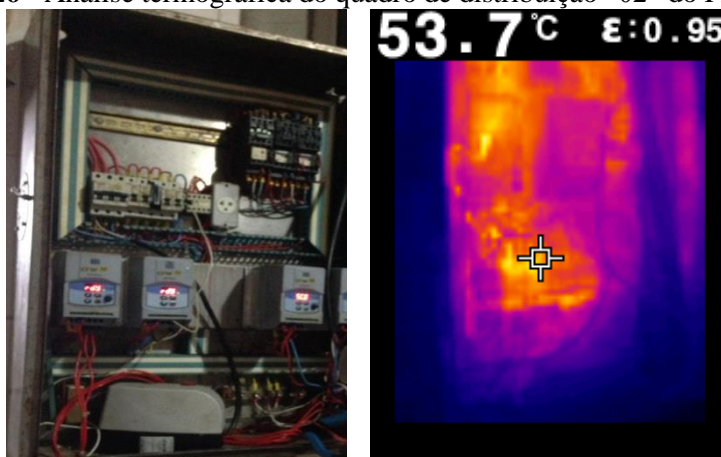


Figura 26 - Análise termográfica do quadro de distribuição “02” do Frigorífico.



Por meio da comparação entre os pontos mais quentes dos componentes dos quadros de distribuição aos dados da Tabela 7 constatou-se que os mesmos estão dentro do limite aceitável.

5.2.1.6 Análise tarifária

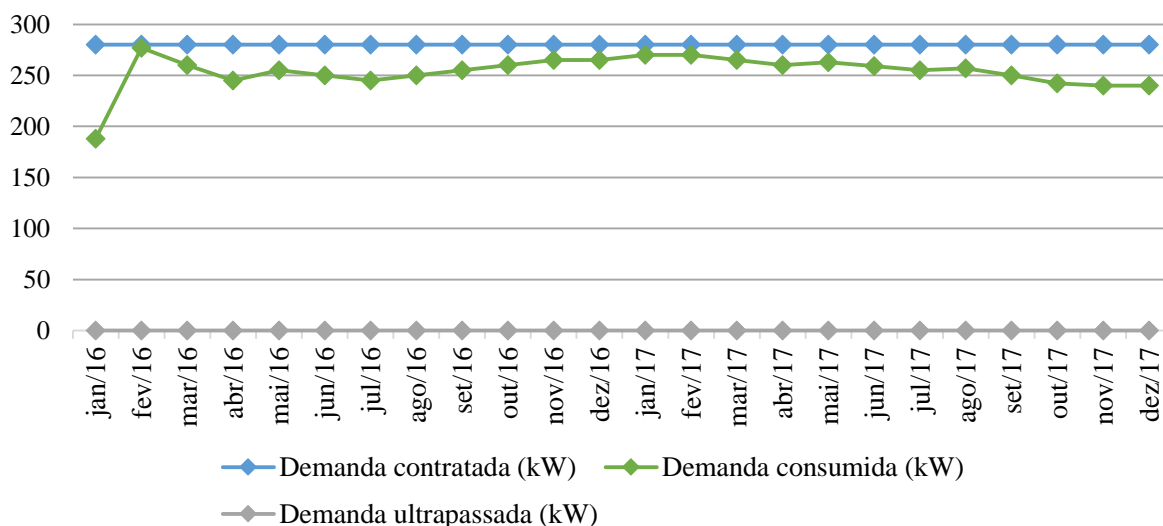
Como exposto anteriormente, o suprimento de eletricidade da Indústria Avícola A é de responsabilidade da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – Coelba, por meio de três contratos. Neste tópico serão descritas as análises tarifárias das áreas de fronteiras da empresa:

A) Sala de Máquinas

O primeiro contrato corresponde à tarifação do consumo da Sala de Máquinas e pertence ao subgrupo tarifário A4, classe industrial, na modalidade tarifária horo-sazonal com aplicação de tarifa verde. Esta modalidade é estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como uma única tarifa de demanda de potência.

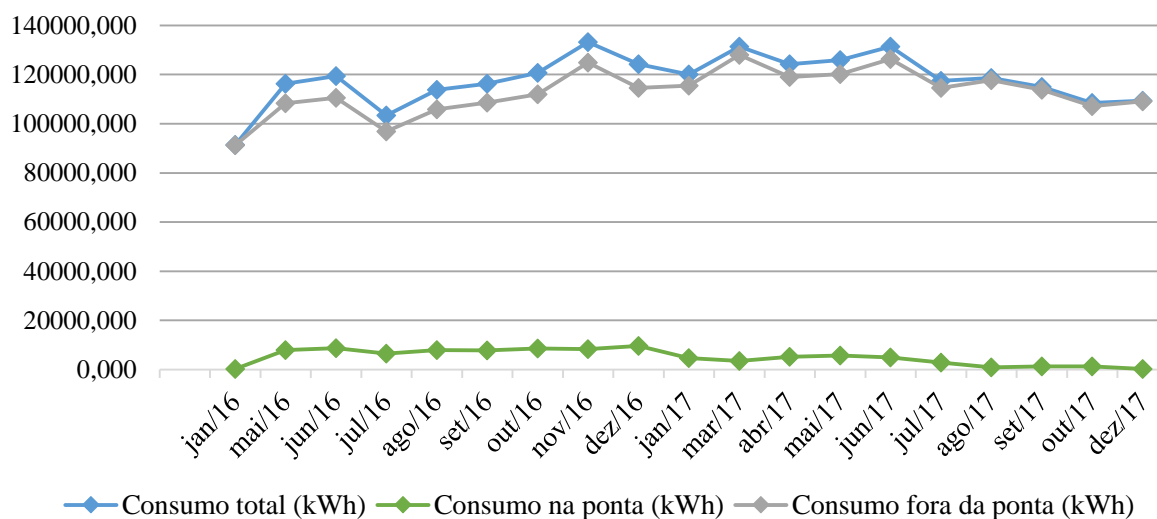
A demanda de potência neste contrato é de 280 kW. A Figura 27 ilustra o comportamento da demanda consumida em relação à demanda contratada. Como pode ser observado, em todo o período analisado não houve ultrapassagem de demanda. Durante o período de referência, a média da demanda consumida foi de 254 kW.

Figura 27 - Gráfico de tendência da demanda da Sala de Máquinas.



No que diz respeito ao consumo, neste contrato a empresa consumiu 2 793 410 kWh durante os anos de 2016 e 2017. A Figura 28 ilustra o comportamento do consumo, que é concentrado quase integralmente no horário fora da ponta, período composto pelo conjunto das horas diárias contínuas e complementares àquelas definidas no horário de ponta (18:00 às 21:00), posto que neste período o sistema da Sala de Máquinas opera com um gerador.

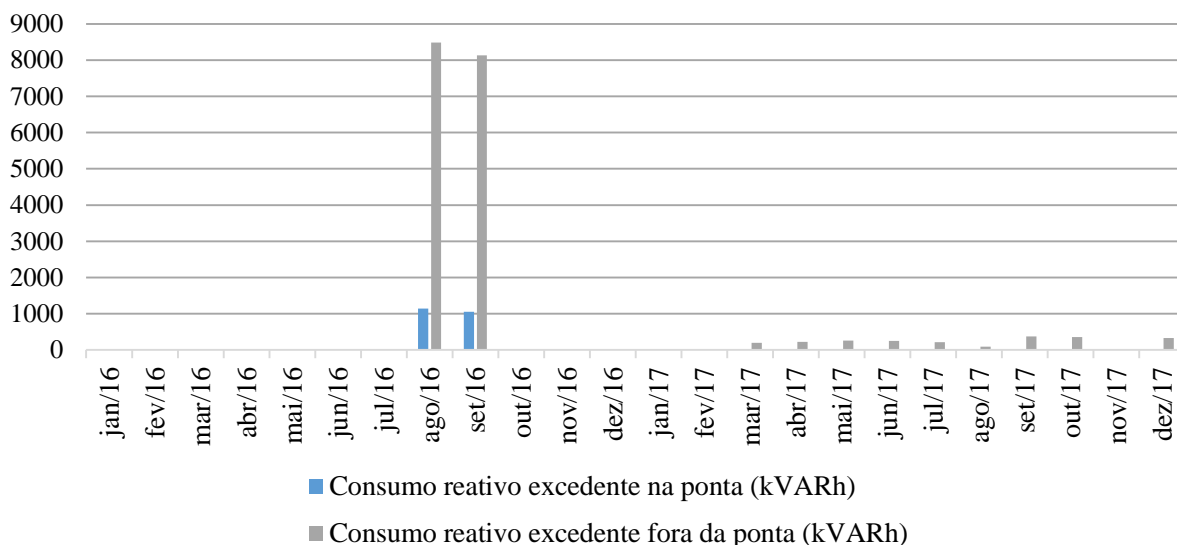
Figura 28 - Comportamento do consumo da Sala de Máquinas.



A cobrança de reativos excedentes foi observada em treze meses do período analisado, conforme ilustra a Figura 29. Os meses que apresentaram consumo reativo excedente mais significativos, tanto na ponta quanto fora da ponta, foram agosto e setembro de 2016. No período de março a dezembro de 2017 foram identificados reativos excedentes apenas no

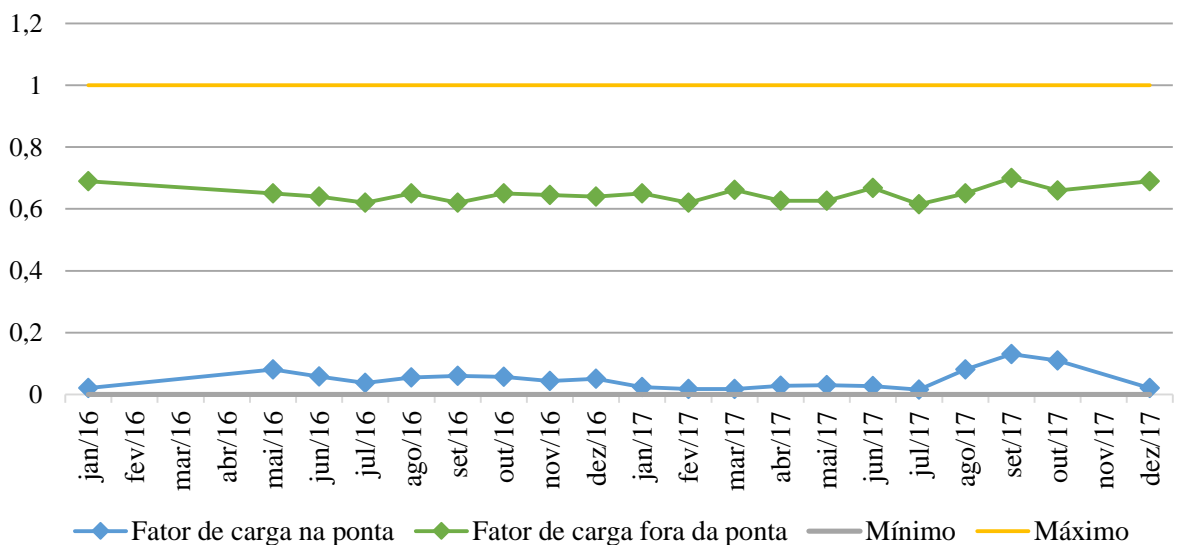
horário fora da ponta. O baixo consumo de excedentes justifica-se pela utilização de um banco de capacitores de 60 kVAr para correção do fator de potência.

Figura 29 - Histórico de reativos excedentes da Sala de Máquinas.



O fator de carga está apresentando nas faturas de eletricidade somente a título informativo, pois este não é tarifado. No entanto, a análise deste índice fornece informações importantes sobre a eficiência energética de uma instalação. A Figura 30 apresenta o comportamento do fator de carga, na ponta e fora da ponta, da Sala de Máquinas.

Figura 30 - Comportamento do fator de carga da Sala de Máquinas.



O fator de carga é um índice adimensional, que varia entre 0 e 1. Em termos de eficiência energética, quanto mais próximo de 1, melhor o fator de carga da instalação. Na Sala de Máquinas o fator de carga fora da ponta varia entre 0,62 a 0,70, indicando que o grau no qual a demanda máxima mantida deve ser melhorada. No horário de ponta, o fator de carga situa-se entre 0,01 e 0,11, sendo justificado pelo desligamento do sistema da rede elétrica para evitar custos maiores no horário de ponta.

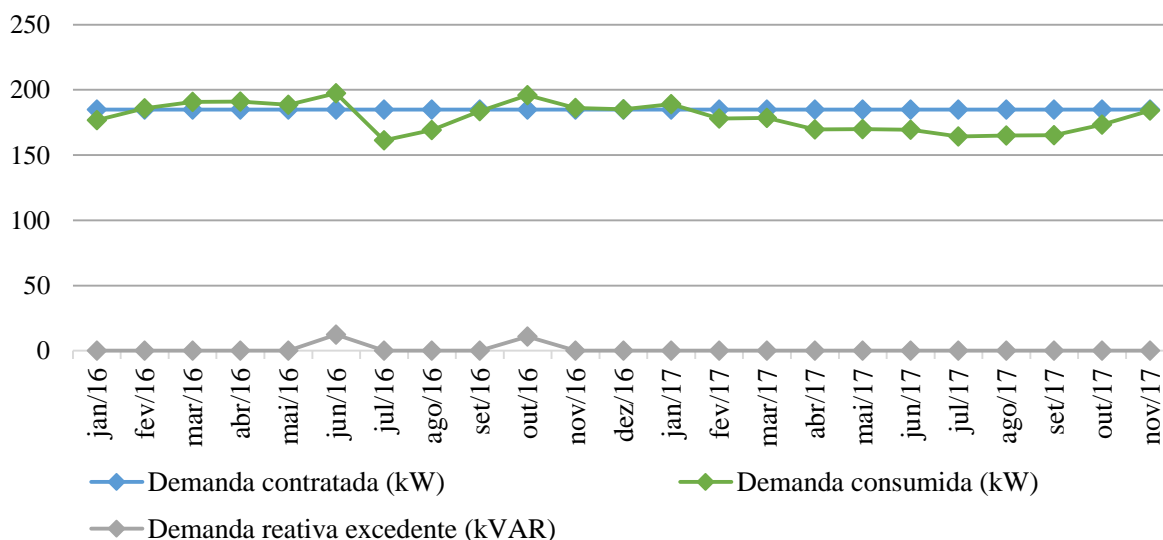
O Custo médio da eletricidade da Sala de Máquinas equivale a cerca de R\$ 50 390,00/mês, sendo que cerca de 3% são decorrentes de multas e juros por atraso de pagamento. Durante todo o período de referência houve a cobrança de multas e juros, totalizando um montante de R\$ 32 340,00.

B) Frigorífico e Outros Módulos

O contrato referente à tarifação da energia consumida pelo Frigorífico e Outros Módulos pertence ao subgrupo A4, na modalidade horo-sazonal, com aplicação de tarifa verde e classe rural/agropecuária urbana. Para esta classe, a demanda faturável corresponde a demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da maior demanda contratada.

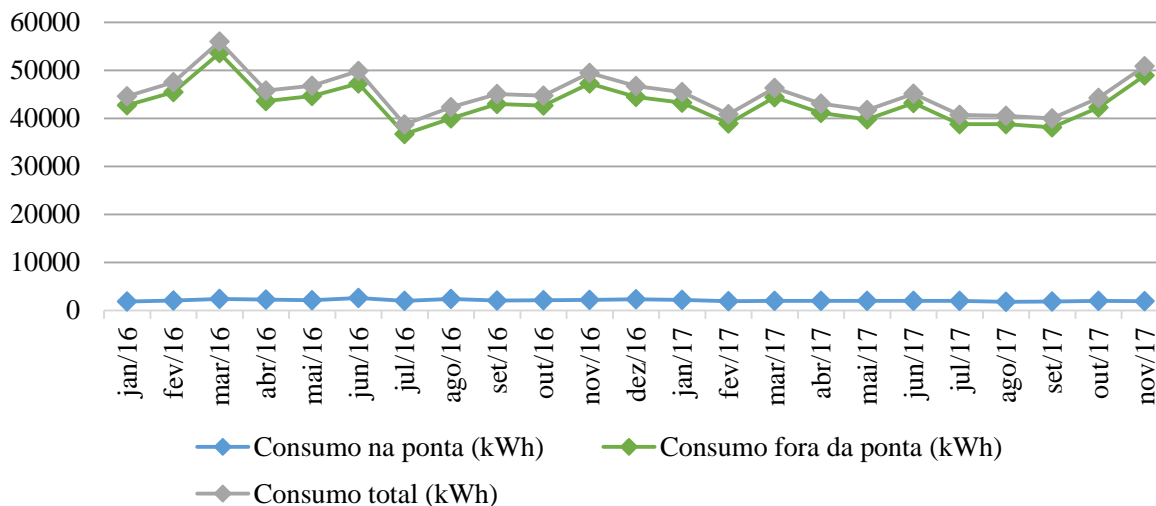
A demanda de potência contratada é de 185 kW. A Figura 31 expõe o comportamento da demanda em relação à demanda contratada. Em alguns meses a demanda mensal ultrapassou a demanda contratada, mas apenas nos meses de junho e outubro de 2016 ultrapassou o limite de tolerância de 5%, sendo penalizada. Durante o período de referência, a demanda média deste contrato foi de 180 kW.

Figura 31 - Comportamento da demanda do Frigorífico e Outros Módulos.



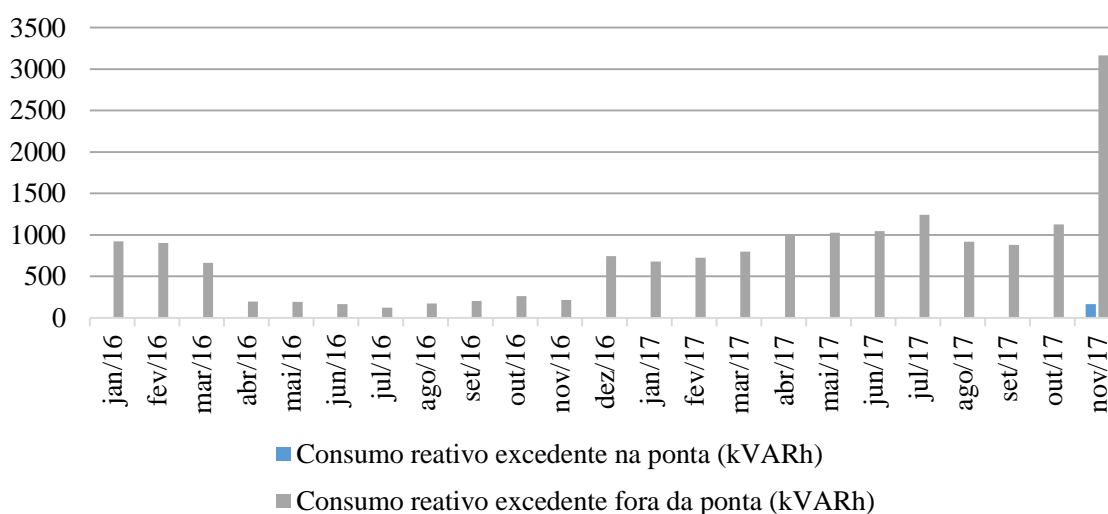
Neste contrato, a indústria teve o consumo de 1 083 310 kWh durante o período de referência, sendo o consumo centrado em maiores proporções no horário fora de ponta, em função do expediente de trabalho, conforme ilustra a Figura 32.

Figura 32 - Comportamento do consumo do Frigorífico e Outros Módulos.



Contatou-se a cobrança por consumo reativo excedente fora da ponta durante todos os meses do período de referência. Uma das justificativas para este fato é o baixo fator de carregamento, fator de potência e rendimento dos motores em operação no Frigorífico. No entanto, consumo reativo excedente na ponta foi identificado apenas no mês de novembro de 2017, que se justifica pela operação fora do expediente de trabalho para suprir a demanda do período natalino, conforme ilustra a Figura 33.

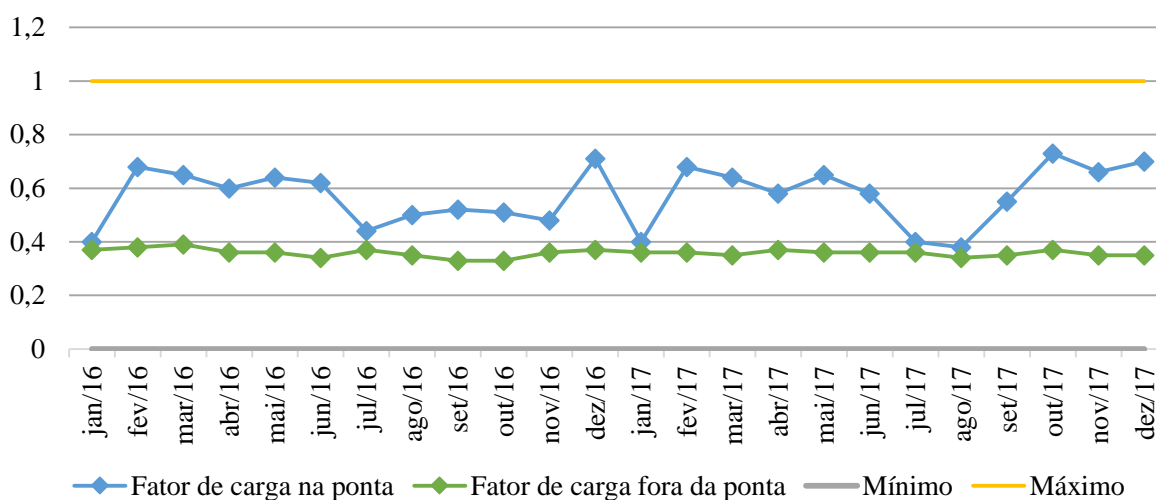
Figura 33 - Histórico do consumo reativo excedente do Frigorífico e Outros Módulos.



A correção do fator de potência é de grande importância para a economia de energia e para aspectos operacionais das instalações, como liberação da capacidade dos transformadores e cabos, redução de perdas por aquecimento e queda de tensão.

Em relação ao fator de carga, Figura 34, observou-se que na ponta este índice varia entre 0,38 a 0,73, tendo um comportamento aleatório, o que indica que as cargas elétricas não estão sendo utilizadas de forma racional ao longo do tempo. Por sua vez, o fator de carga fora da ponta segue um comportamento semelhante ao longo dos meses, variando entre 0,34 a 0,37, entretanto estão abaixo do valor ideal, justificado pelo não funcionamento as atividades da Indústria Avícola A no horário de ponta.

Figura 34 - Comportamento do fator de carga do Frigorífico e Outros Módulos.



O custo médio da energia elétrica consumida pelo Frigorífico e Outros Módulos é cerca de R\$ 19 510,00 /mês, do qual cerca de 3% advém de multas e juros por atraso de pagamento. Durante todo o período de referência houve a cobrança de multas e juros, totalizando um montante de R\$ 12 275,00.

5.3 IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO

A partir da revisão energética efetuada na Sala de Máquinas e Frigorífico percebe-se que existem potenciais para a conservação de energia. Para tal, ações de eficiência energética foram propostas, referentes à manutenção preventiva, à ação comportamental dos colaboradores frente à economia de energia e a substituição de tecnologias. Nesta seção são expostas medidas que

levam à obtenção de ganho de eficiência dos principais módulos temáticos de uso final de energia elétrica.

5.3.1 Sistema de refrigeração

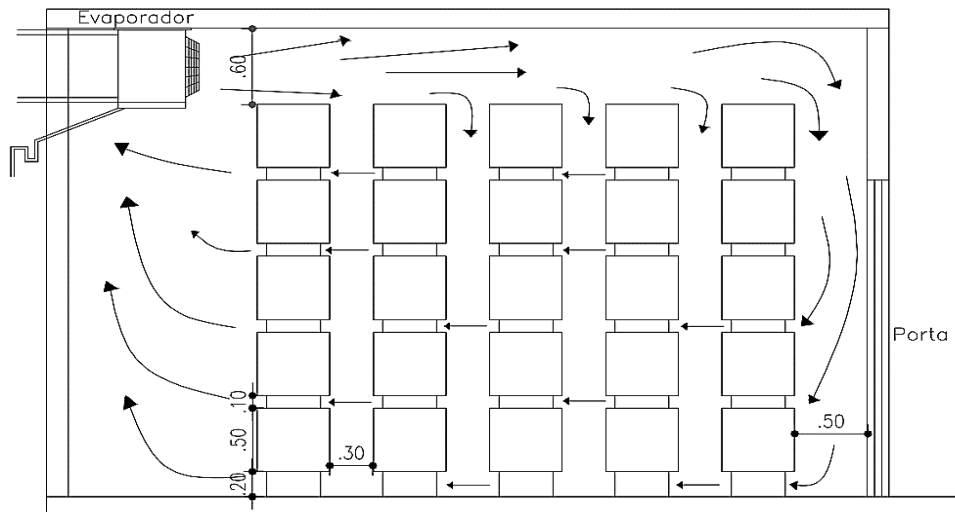
Neste módulo temático foram identificadas algumas oportunidades que poderão contribuir para a economia de energia elétrica e aumento da eficiência energética. Devido à refrigeração ser o responsável pela maior parcela do consumo total todo aumento na eficiência deste sistema provocará um grande impacto no consumo de energia elétrica.

Dentre estas oportunidades encontram-se intervenções estruturais nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento, mudança de hábitos e planos de manutenção, conforme especificado abaixo:

- Evaporadores: Efetuar reparações nos evaporadores que estão com aletas quebradas e elaborar um plano de manutenção e limpeza dos mesmos. Além disto, deve-se verificar o isolamento das instalações dos evaporadores para evitar pontos quentes dentro das câmaras frigoríficas.
- Isolamento das portas: Um dos elementos de grande importância para o funcionamento eficiente de qualquer tipo de câmara frigorífica é a porta, sendo sua vedação correta essencial para evitar perda térmica. Desta forma, sugere-se que sejam instaladas novas vedações em borracha EPDM (Etileno-Propileno-Dieno) e verificadas as fixações mecânicas das portas, de modo a evitar o desgaste das novas borrachas.
- Isolamento das paredes, pisos e tetos: As câmaras frigoríficas e túneis de congelamento foram construídos em 2002 e, desde então, não passaram por manutenções e reformas nas suas estruturas. Desta forma, sugere-se uma inspeção detalhada nas câmaras e túneis para realização de possíveis reparos.
- Hábito de abertura das portas: O ganho de calor devido à infiltração de ar externo contribui com uma parcela significativa para as perdas no sistema de refrigeração. Desta forma, faz-se necessário a conscientização dos funcionários para que as portas fiquem abertas apenas no momento de armazenagem e retirada de produtos, devendo estas atividades serem executadas de maneira otimizada. Outra oportunidade é a instalação de cortinas plásticas contribuem para reduzir a carga de infiltração.
- Armazenamento: Para o armazenamento eficiente os produtos devem ser empilhados de modo a não impedir a circulação de ar, mantendo os paletes com as embalagens com

afastamento mínimo de 50 cm das paredes, para evitar umidade e facilitar a limpeza, amostragem e movimentações, com afastamento de 30 cm entre si, 20 cm do piso e 60 cm do teto (MACHADO, 2000). A Figura 35 ilustra como deve ser a armazenagem correta dos produtos de forma a não afetar a circulação de ar frio e contribuir para a economia de energia.

Figura 35 - Exemplo de armazenagem correta.



- Controle de estocagem: Para a correta armazenagem de produtos alimentícios as disposições dos produtos devem obedecer a data de fabricação, sendo que os produtos de fabricação mais antiga sejam posicionados de forma a serem escoados em primeiro lugar. Desta forma, a Indústria Avícola A deve adotar o método de controle de estoque PEPS (Primeiro que Entra, Primeiro que Sai).
- Isolamento térmico das tubulações: Com o tempo o isolamento térmico das tubulações deteriorou-se, causando diminuição da eficiência do sistema e necessitando de intervenção. A melhoria do isolamento térmico de superfícies é uma medida de implementação simples que, pelo baixo custo de investimento e pelas reduções significativas que pode apresentar, merece uma atenção imediata por parte da empresa.
- Planos de manutenção: Sugere-se que a Indústria Avícola A elabore um plano de manutenção programada no sistema de refrigeração, uma vez que a empresa não conta com equipamentos de emergência para suprir falhas eventuais e dada a importância deste módulo temático no processo produtivo.

Por meio da análise quantitativa realizada no sistema de refrigeração observou-se as seguintes oportunidades:

1. Adequação do sistema de refrigeração a partir do cálculo da carga térmica

Devido a carga térmica do sistema de refrigeração atual encontrar-se acima da necessária para suprir a demanda das câmaras frigoríficas e túneis de congelamento, sugere-se a adequação deste sistema por meio do redimensionamento dos compressores e uso de termostato, tendo como base o cálculo de carga térmica e auxílio do software Bitzer, versão 6.10.

A partir do cálculo de carga térmica realizou-se uma proposta de adequação do sistema através do software Bitzer. Tabela 29 demonstra o modelo e capacidade frigorífica do sistema proposto.

Tabela 29 - Sistema proposto para adequação do sistema de refrigeração.

Ambiente	Necessário	Sistema Proposto	
	Capacidade frigorífica calculada (kWt)	Modelo	Capacidade frigorífica (kWt)
Câmara frigorífica "01"	12,06	New Ecoline 4EES-4Y	12,78
Câmara frigorífica "02"	16,27	New Ecoline 4CES-6Y	18,63
Câmara frigorífica "03"	15,75	New Ecoline 4CES-6Y	18,63
Câmara frigorífica "04"	16,04	New Ecoline 4CES-6Y	18,63
Túnel de congelamento "01"	45,30	New Ecoline 4GE-23Y	49,8
Túnel de congelamento "02"	47,29	New Ecoline 4GE-23Y	49,8
Túnel de congelamento "03"	47,29	New Ecoline 4GE-23Y	49,8
Total	200	-	218,07

A capacidade frigorífica calculada para adequação do sistema de refrigeração foi de 200 kWt (56,87 TR), mas conforme as especificações do fabricante os compressores propostos atingiriam uma capacidade frigorífica de 218,07 kWt (62 TR). Esta proposta contribuirá para melhoria da eficiência energética do sistema de refrigeração através da redução da potência instalada e do consumo. A Tabela 30 compara a potência e o consumo mensal do sistema atual ao sistema proposto.

Tabela 30 - Sistema atual versus sistema proposto para adequação do sistema de refrigeração.

Ambiente	Sistema atual			Sistema proposto		
	Modelo	Potência (kW)	Consumo mensal (kWh)	Modelo	Potência (kW)	Consumo mensal (kWh)
Câmara frigorífica “01”	4H 15.2Y	11,03	6 950	4EES - 4Y	6,90	4 347
Câmara frigorífica “02”	6F 40.2Y	29,42	18 535	4CES - 6Y	9,70	6 111
Câmara frigorífica “03”	4H 15.2Y	11,03	6 950	4CES - 6Y	9,70	6 111
Câmara frigorífica “04”	4H 15.2Y	11,03	6 950	4CES - 6Y	9,70	6 111
Túnel de congelamento “01”	6F 40.2Y	29,42	18 535	4GE - 23Y	27,00	17 010
Túnel de congelamento “02”	6F 40.2Y	29,42	18 535	4GE - 23Y	27,00	17 010
Túnel de congelamento “03”	6F 40.2Y	29,42	18 535	4GE - 23Y	27,00	17 010
Total	-	150,8	94 990	-	117,00	73 710

A partir dos resultados da Tabela 30 verifica-se que a substituição dos compressores do sistema de refrigeração proporcionará uma redução de 33,8 kW na potência instalada e uma diminuição de aproximadamente 255 360 kWh no consumo anual, correspondendo a uma redução de 22,40%.

2. Controle da temperatura das câmaras conforme a Portaria SDA/MAPA/210/1998

O termostato é um dispositivo que permite o ajuste da faixa de temperatura de operação através do fechamento ou abertura de contatos elétricos. Dentro de uma câmara frigorífica o termostato serve para determinar a temperatura do ar. Assim, quando a temperatura sobe além do nível estabelecido, o sistema de refrigeração é ligado e um novo ciclo de resfriamento se inicia.

Diante disto, para um satisfatório controle da temperatura propõe-se que as câmaras frigoríficas e túneis de congelamento sejam dotados de termostatos com regulagem da temperatura, com intervalos de 0,1°C. Sugere-se a utilização do termostato digital STC 1000 com sensor NTC, por ser ideal para esta aplicação. O sensor NTC possui resistência inversamente proporcional à temperatura, sendo muito mais sensível a variações de temperatura quando comparado com outros sensores de resistência variável. O Anexo B detalha algumas características do termostato proposto.

Além disso, o uso do termostato evitará que os compressores funcionem em regime contínuo, gerando uma redução nas perdas de energia e melhor eficiência energética.

3. Adequação da iluminância média das câmaras com a recomendada pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

Devido à baixa iluminância nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento, conforme ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, propõe-se a adequação do sistema de iluminação destes locais, de modo que as instalações sofram a menor interferência possível. Desta forma, realizou-se os cálculos luminotécnico utilizando lâmpadas que fossem compatíveis com as luminárias e instalação existentes.

Por meio das equações descritas na seção 3.3.1.4 *Sistema de iluminação* realizou-se o cálculo luminotécnico para lâmpadas bulbo LED de alta potência de 50 W e 5 000 lm. Este tipo de lâmpada foi utilizado para análise por ser compatível com as luminárias já utilizadas nas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento.

A Tabela 31 ilustra o número de luminárias, número de lâmpadas e a potência total instalada para o cumprimento das diretrizes da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 com a utilização de lâmpadas de LED.

Tabela 31 - Resultado do cálculo luminotécnico para alcançar a iluminância sugerida pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Lâmpadas Bulbo LED				
	Fluxo luminoso	Nº de luminárias	Nº de lâmpadas	Potência Total (kW)
Câmara frigorífica "01"	5 000	2	4	0,20
Câmara frigorífica "02"	5 000	3	6	0,30
Câmara frigorífica "03"	5 000	2	4	0,20
Câmara frigorífica "04"	5 000	3	6	0,30
Túnel de congelamento "01"	5 000	3	6	0,30
Túnel de congelamento "02"	5 000	4	8	0,40
Túnel de congelamento "03"	5 000	4	8	0,40
Total		21	42	2,10

Além disso, para evitar que as iluminações dos ambientes refrigerados fiquem ligadas sem operadores no local, deve-se instalar um interruptor no batente da porta, de modo a reduzir o consumo de eletricidade.

4. Carregamento dos motores dos compressores

Conforme demonstrado na Tabela 27, os motores dos compressores referentes as câmaras frigoríficas e túneis de congelamento encontram-se com carregamento inferior ao adequado.

O sobredimensionamento dos compressores pode ser consequência de manutenções mal realizadas e componentes desgastados ou danificados. Visto que os compressores utilizados pela Indústria Avícola A estão em funcionamento contínuo há 17 anos é provável que estes motivos causaram o sobredimensionamento dos mesmos.

Do ponto de vista energético este sistema pode ser mais eficiente através da substituição dos compressores e instalação de termostatos, conforme proposto nos tópicos acima, pois além dos compressores existentes na Indústria Avícola A apresentarem-se com baixo carregamento, estes estão funcionando acima da carga térmica necessária pelas câmaras frigoríficas e túneis de congelamento.

Outra medida que poderia solucionar os problemas relacionados aos sobredimensionamento dos compressores seria a utilização de inversores de frequência, no entanto de acordo com os dados e informações fornecidas pelo fabricante, os compressores atuais da empresa não possuem suporte para sua utilização.

5.3.2 Sistema motriz

Para o sistema motriz propõe-se algumas medidas para a melhoria da eficiência energética, como a limpeza e a manutenção dos motores em presença de ferrugem. Além disto, devido ao tempo de utilização dos motores, este sistema pode ser mais eficiente com a substituição dos motores elétricos que se encontram com baixo fator de carregamento e baixo fator de potência, sobretudo aqueles que apresentaram fator de carregamento inferior a 50%. De uma maneira geral, motores que operam a 50% de carga ou menos, apresentam um baixo valor de rendimento. Neste caso, deve-se então ser aprofundada a possibilidade da sua imediata substituição.

Dentre os 33 motores analisados apenas 11 se encontravam com o fator de carregamento adequado. Dos demais, 18 estão com o carregamento entre 50% e 75%, e 4 apresentam carregamento inferior a 50%. Diante deste cenário, propõe-se a substituição dos motores que estão com fator de carregamento inferior a 75%, por motores de alto rendimento.

A utilização de motores de alto rendimento, quando comparados com motores padrão, proporcionará uma redução no consumo de energia elétrica, elevação do fator de potência, menor temperatura de operação, rendimento mais elevado e minimização do sobredimensionamento.

De acordo com Castro (2008), o simples fato de dimensionar adequadamente um motor elétrico proporciona uma economia na energia elétrica consumida por determinada máquina ou equipamento, e um aumento no fator de potência da instalação, evitando gastos desnecessários com a instalação e manutenção de equipamentos de compensação.

Para o correto dimensionamento deste sistema selecionou-se novos motores com potência nominal próxima à potência de trabalho calculada. Simulou-se a adequação do sistema motriz com o auxílio de planilhas do Excel e do Software See +, utilizando motores da marca Weg, modelo W22 IR3 Premium Trifásico, que atende aos níveis mínimos de rendimento imposto pela Portaria Interministerial nº 1 do Ministério de Minas e Energia (MME, 2017).

A Tabela 32 detalha a situação do sistema motriz atual e o sistema motriz proposto, os dados de carregamento, fator de potência (cos) e rendimento (η) foram adquiridos a partir da curva dos motores, disponibilizada pelo fabricante.

Tabela 32 – Resultado do redimensionamento dos motores elétricos de baixo carregamento.

Motor	Sistema atual				Sistema proposto – IR3 premium			
	Potência nominal (cv)	Carregamento	FP (Cos)	η (%)	Potência recomendada (cv)	Carregamento	FP (Cos)	η (%)
Motor 2	4	0,70	0,68	0,87	3,00	0,93	0,80	0,87
Motor 3	5	0,69	0,68	0,87	4,00	0,87	0,75	0,89
Motor 4	5	0,67	0,67	0,87	4,00	0,83	0,74	0,89
Motor 6	0,5	0,67	0,59	0,71	0,50	0,73	0,70	0,77
Motor 12	3	0,73	0,73	0,85	3,00	0,73	0,71	0,87
Motor 13	3	0,67	0,73	0,85	3,00	0,74	0,72	0,88
Motor 16	0,5	0,73	0,48	0,67	0,33	0,83	0,71	0,77
Motor 17	0,5	0,57	0,48	0,67	0,33	0,86	0,72	0,78
Motor 18	0,5	0,67	0,48	0,67	0,33	0,87	0,74	0,80
Motor 19	2	0,40	0,49	0,78	1,00	0,79	0,77	0,84
Motor 20	2	0,26	0,54	0,80	1,00	0,68	0,80	0,83
Motor 21	2	0,32	0,57	0,81	1,00	0,64	0,81	0,83
Motor 22	1	0,44	0,52	0,78	0,50	0,89	0,67	0,78
Motor 25	0,5	0,60	0,59	0,71	0,50	0,60	0,58	0,77
Motor 26	0,5	0,67	0,59	0,71	0,50	0,67	0,58	0,77
Motor 27	2	0,61	0,58	0,81	1,50	0,81	0,79	0,82
Motor 28	2	0,65	0,58	0,81	1,50	0,86	0,82	0,84
Motor 29	2	0,69	0,58	0,81	1,50	0,91	0,84	0,85
Motor 30	2	0,57	0,58	0,81	1,50	0,76	0,68	0,78
Motor 31	1	0,60	0,66	0,79	0,75	0,80	0,78	0,84
Motor 32	1	0,64	0,66	0,79	0,75	0,85	0,82	0,86
Motor 33	3	0,69	0,74	0,85	3,00	0,69	0,76	0,87
Total	43				33,49			

A partir desta proposta a empresa alcançará uma redução de 9,50 kW de potência instalada, com redução no consumo de 18 211 kWh ao ano. Além disto, a adequação deste sistema ocasionará melhorias no carregamento, fator de potência e rendimento médio do sistema motriz, conforme demonstra a Tabela 33.

Tabela 33 – Melhorias no carregamento, fator de potência e rendimento médio do Sistema Motriz.

	Sistema atual	Sistema proposto
Carregamento médio	0,60	0,79
Fator de potência médio	0,60	0,74
Rendimento médio	0,79	0,83

5.3.3 Sistema de condicionamento de ar

Para o sistema de condicionamento de ar propõe-se a adequação para atender aos requisitos estabelecidos na Portaria SDA/MAPA/210/1998. Para tal realizou-se o cálculo de carga térmica através de planilhas do Excel e a seleção dos componentes mais adequado com o auxílio do software Coolselector 2.

A partir do resultado do cálculo de carga térmica verificou-se que o ambiente de cortes e embalagens necessita de cerca de 160 000 BTU/h (13,34 TR), sala de embutidos necessita de 90 000 BTU/h (7,5 TR) e a sala de temperos de 70 000 BTU/h (5,84 TR) para funcionamento eficiente do sistema.

Deste modo, realizou-se uma proposta de adequação deste sistema. A Tabela 34 demonstra os equipamentos necessários para que a Indústria Avícola A cumpra as exigências da Portaria SDA/MAPA/210/1998 com a climatização adequada dos ambientes de corte e embalagem, sala de embutidos e sala de temperos.

Tabela 34 - Proposta de adequação do sistema de condicionamento de ar.

Área	Equipamento	Modelo	Marca	Qtd.	Potência total (kW)	Consumo mensal (kW)
Corte e embalagem	Unidade condensadora	HCM/HCZ 064	Danfoss	2	8,20	1 804,0
	Evaporador	TRNA451 5x1/25	Trineva	2	11,45	2 519,0
Sala de embutidos	Unidade condensadora	HCM/HCZ 064	Danfoss	1	4,10	902,0
	Evaporador	TRNA451 5x1/25	Trineva	1	5,72	1258,4
Sala de temperos	Unidade condensadora	HCM/HCZ 044	Danfoss	1	3,00	660,0
	Evaporador	TRNA431 3x1/25	Trineva	2	3,50	770,0
Total	-	-	-	-	35,97	7 913,4

Apesar da adequação deste sistema representar um aumento na potência instalada, e consequentemente um aumento no consumo de eletricidade, esta medida trará benefícios do ponto de vista sanitário, diminuindo o risco de contaminação por microrganismos nas carnes manipuladas nestes locais. Além disto, evitará que a Indústria Avícola A seja penalizada pela inconformidade do sistema de condicionamento de ar.

Ademais, sugere-se a implantação de um plano de manutenção e limpeza dos componentes deste sistema, possibilitando otimização do dispêndio de energia e aumento da vida útil do equipamento.

5.3.4 Sistema de iluminação

No sistema de iluminação foram identificadas algumas oportunidades de melhorias por meio de ações como o desligamento das lâmpadas em ambientes sem a presença dos trabalhadores ou com forte iluminação natural, a substituição das lâmpadas queimadas e a remoção de sujeira das luminárias, o que possibilitará melhor distribuição luminosa.

Além disso, recomenda-se a readequação do nível de iluminâncias nos ambientes em que a mesma se encontra abaixo do recomendado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, a partir dos cálculos luminotécnico, conforme Tabela 35.

As luminárias selecionadas para a adequação do sistema são do modelo hermética IP 65, tipo plafon, tubular com soquete tipo G13 para duas lâmpadas de 1,20 m T8, T10, T12 ou T5. As lâmpadas escolhidas são de tubo LED de 18 W e 32 W, com fluxo luminoso de 2100 e 3600 lm, com expectativa de vida útil superior a 25 000. Optou-se pela utilização de lâmpadas tubulares por estas distribuírem a iluminação de maneira uniforme, não sendo necessário instalar muitos pontos de luz.

Tabela 35 – Situação atual e proposta para readequação do sistema de iluminação de acordo a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Local	Sistema Atual				Sistema Proposto			
	Lum. (Uni)	Lâmp. (Uni)	Potência total (kW)	Consumo mensal (kWh)	Lum. (Uni)	Lâmp. (Uni)	Potência total (kW)	Consumo mensal (kWh)
Sala de temperos	3	6	0,15	33	3	6	0,19	42,2
Sala de marinados	3	6	0,15	33	6	12	0,38	84,5
CMS	3	6	0,15	33	4	8	0,26	56,3
Embutidos	6	12	0,3	66	10	20	0,64	140,8
Embutidos e estoque de embutidos	2	4	0,1	22	1	2	0,06	14,1
Corte e embalagens	12	24	0,6	132	21	42	1,34	295,7
Expedição	3	6	0,15	33	5	10	0,32	70,4
Sala de embalagem primária	2	4	0,06	13,2	1	2	0,06	14,1
Controle de expedição	1	2	0,03	6,6	1	2	0,04	7,9
Evisceração	4	8	0,2	44	8	16	0,51	112,6
Escalda e depena	2	4	0,06	13,2	11	22	0,70	154,9
Túnel de sangria	1	2	0,03	6,6	1	2	0,06	14,1
Sangria	1	2	0,03	6,6	1	2	0,06	14,1
Expurgos e penas	2	4	0,06	13,2	4	8	0,26	56,3
Total	45	90	2,07	455,4	76	154	4,9	1 078,0

O sistema proposto resulta em um aumento de 236,66% no consumo de energia elétrica em relação ao atual, além de custos de aquisição de equipamentos. No entanto, a adequação dos requisitos de iluminação seguindo a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 tem como consequência o cumprimento de condições para que os funcionários desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, conforto e segurança durante todo o período de trabalho.

Além disto, a adequação do sistema de iluminação resultará na melhoria da segurança, devido a utilização de luminárias herméticas, e aumento da vida útil do sistema, visto que as lâmpadas de LED possuem durabilidade maior que as fluorescentes.

5.3.5 Quadro de distribuição e circuito

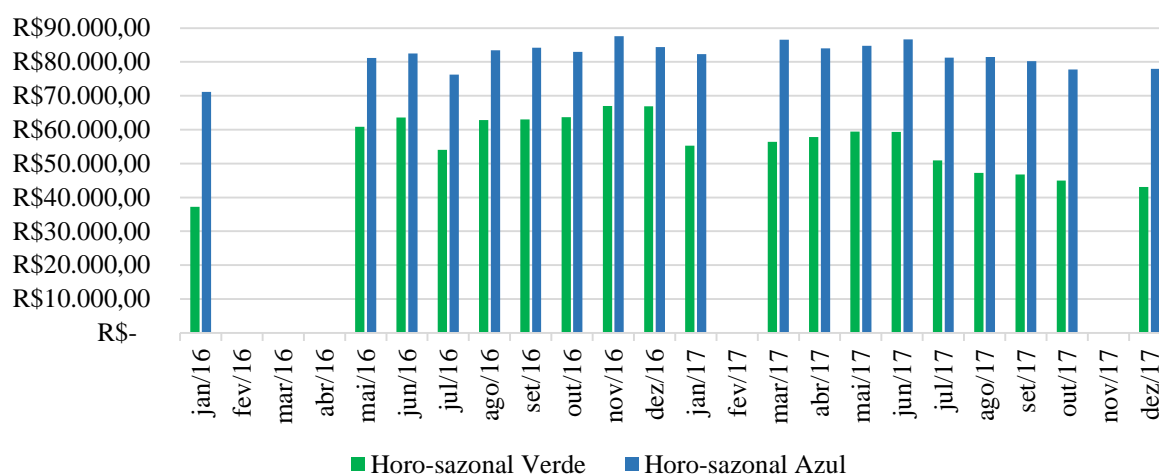
Para os componentes dos quadros de distribuição e circuito sugere-se a implantação de programa de manutenção preditiva, com o intuito de realizar monitoramentos e inspeções pontuais dos equipamentos a fim de antecipar eventuais problemas que podem causar gastos maiores, prevenir falhas e sobretensões.

5.3.6 Análise tarifária

A) Sala de Máquinas

A partir do histórico de consumo e de demanda do contrato da Sala de Máquinas, foram realizadas simulações comparando as opções horo-sazonais verde e azul. Para tal comparação tarifária, foram utilizados valores da tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do grupo A da Coelba acrescidos do ICMS. A Figura 36 demonstra a comparação entre as duas opções. Devido à falta de algumas informações necessárias, não foi possível realizar a comparação em alguns meses do período de referência.

Figura 36 – Comparações tarifárias entre as opções horo-sazonais verde e azul para Sala de Máquinas.



A partir da Figura 36, pode-se afirmar que a opção horo-sazonal verde é mais vantajosa economicamente. A opção horo-sazonal azul representa um acréscimo médio mensal na conta de R\$ 26.129,00 em relação à opção horo-sazonal verde, ou seja, um aumento de aproximadamente 32%.

Portanto, o contrato referente a Sala de Máquinas está devidamente classificado no subgrupo tarifário A4 e na modalidade tarifária horo-sazonal verde. Além disso, de acordo com a Coelba (2018), se a empresa retira carga na ponta, porém o uso durante o horário de ponta não é intensivo, obtendo fator de carga na ponta menor que 0,65, a tarifa verde é mais indicada. A tarifa verde também é mais indicada para empresas que modulam carga no horário de ponta e que possuem uma redução significativa do consumo ativo no horário de ponta, como é o caso do contrato da Sala de Máquinas.

O faturamento de consumo de energia reativa excedente, nos horários de ponta e fora de ponta no primeiro ano analisado totalizou R\$ 4.892,40, devido ao expressivo aumento nos meses de agosto e setembro. No entanto, no ano de 2017 o faturamento por consumo reativo excedente foi de R\$ 605,30, sendo quase integralmente cobrado no horário fora da ponta.

De acordo com Mamede (2018) dentre as práticas que merecem maior atenção em um estudo de economia de energia elétrica está a melhoria do fator de carga, que pode ser obtida por meio da conservação do consumo e redução do pico de demanda ou conservação da demanda e aumento do consumo. Deste modo, de acordo com a situação atual da indústria a medida mais indicada para melhoria do fator de carga da Sala de Máquinas é a conservação do consumo e diminuir o pico de demanda.

A Indústria Avícola A está iniciando o processo de conservação de energia mantendo a mesma quantidade de produto fabricado. Logo, para a Sala de Máquinas deve-se atuar sobre a redução do pico de demanda por meio do gerenciamento correto do uso de equipamentos em diferentes horários, de forma que a potência demandada seja distribuída durante o período faturado, evitando picos com grande diferença da média.

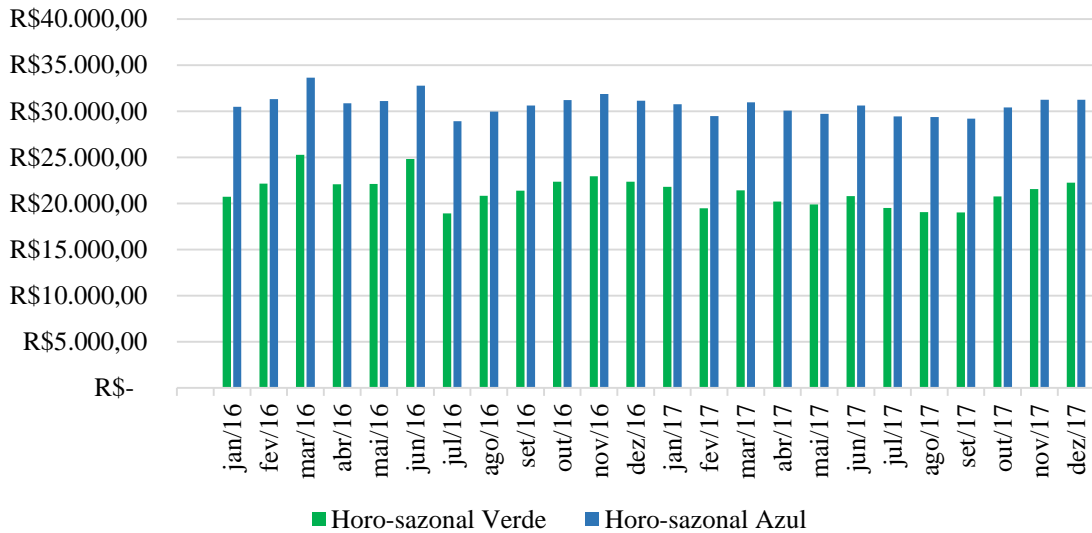
Manter o fator de carga alto significa obter benefícios na otimização dos investimentos da instalação elétrica, aproveitamento racional e aumento da vida útil da instalação elétrica e redução do valor da demanda de pico. Além disto, quanto maior for o fator de carga menor será o custo do kWh.

As faturas de energia da Sala de Máquinas apresentaram constante gasto por multas e juro devido a atrasos no pagamento. Desta forma, sugere-se o gerenciamento correto e melhor acompanhamento para que as contas sejam quitadas na data de vencimento estipulada pela concessionária de energia. Esta medida poderá trazer uma economia de mais de R\$ 16 000,00 por ano.

B) Frigorífico e Outros Módulos

Do mesmo modo, realizou-se simulações comparando as opções horo-sazonais verde e azul a partir do histórico de consumo e demanda do contrato referente ao Frigorífico e Outros Módulos. A comparação da tarifária utilizou como base valores da tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do grupo A da Coelba acrescidos do ICMS. A Figura 37 ilustra a comparação entre as duas opções.

Figura 37 - Comparações tarifárias entre as opções horo-sazonais verde e azul para Frigorífico e Outros Módulos.



A partir desta análise, pode-se afirmar que a opção horo-sazonal verde é a mais vantajosa economicamente, visto que a opção horo-sazonal azul representa um acréscimo médio mensal na conta de R\$ 9.360,50, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 30,5%.

Desta maneira, pode-se confirmar que o contrato referente ao Frigorífico e Outros Módulos está devidamente classificado no subgrupo tarifário A4 e na modalidade tarifária horo-sazonal verde. Além disso, como o funcionamento destes ambientes são apenas no horário fora de ponta há uma redução significativa do consumo no horário de ponta, demonstrando que a tarifa verde é mais indicada.

O faturamento de energia reativa excedente nos horários de ponta foi identificado em apenas um mês durante o período analisado. No entanto, o consumo reativo excedente no horário fora da ponta foi constatado durante todos os meses de 2016 e 2017. O faturamento relativo a este consumo reativo foi cerca de R\$ 4 410,00. Este fato pode ser decorrente do baixo fator de potência dos motores do Frigorífico, que pode provocar falha ou ineficiência do sistema.

Para Mamede (2018), a correção do fator de potência é de grande importância para a economia de energia e para aspectos operacionais das instalações, como liberação da capacidade dos transformadores e cabos, redução de perdas por aquecimento e queda de tensão. A otimização do fator de potência é uma medida de eficiência energética que tem por finalidade evitar o faturamento de energia reativa excedente. Uma medida para otimização do fator de

potência seria a substituição dos motores sobredimensionados e com baixo fator de potência, conforme proposto no tópico 5.3.2 Sistema motriz.

No que diz respeito ao baixo fator de carga encontrado na fatura do Frigorífico e Outros Módulos sugere-se a conservação do consumo e diminuição do pico de demanda. A Indústria Avícola A deve-se atuar sobre a redução do pico de demanda por meio do gerenciamento correto do uso de equipamentos em diferentes horários, de forma que a potência demandada seja distribuída durante o período faturado, evitando picos com grande diferença da média.

Assim como nas faturas da Sala de Máquinas, as faturas de Frigorífico e Outros Módulos também apresentam constante custo por multas e juro devido a atrasos no pagamento da conta. Diante disto, propõe-se o gerenciamento correto e melhor acompanhamento para que as contas sejam quitadas na data de vencimento definida pela concessionária de energia. Esta proposta proporcionará uma economia de mais de R\$ 6 000,00 por ano.

5.4 ANÁLISE DE INVESTIMENTO PARA ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS E ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA AS ALTERNATIVAS DE REDUÇÃO DE PERDA

Após a identificação dos potenciais de conservação de energia existentes por módulo temático procedeu-se a análise dos investimentos necessários para adequação dos sistemas e análise de viabilidade econômica das propostas de melhoria da eficiência energética.

5.4.1 Sistema de refrigeração

O investimento necessário para melhorias propostas para o sistema de refrigeração está descrito na Tabela 36.

Tabela 36 - Investimento necessário para adequação e melhoria da eficiência energética do sistema de refrigeração.

Equipamento	Qtd.	Valor unitário	Valor total
Compressor New Ecoline 4EES - 4Y	1	R\$ 10 777,50	R\$ 10 777,50
Compressor New Ecoline 4CES - 6Y	3	R\$ 16 679,50	R\$ 50 038,50
Compressor New Ecoline 4GE - 23Y	3	R\$ 28 981,50	R\$ 86 944,50
Termostato Digital STC 1000	7	R\$ 137,60	R\$ 963,20
Borracha de vedação EPDM (25m)	1	R\$ 1 000,00	R\$ 1 000,00
Lâmpadas bulbo LED (50 W)	42	R\$ 48,90	R\$ 2 053,80
Total	-	-	R\$ 151 777,50

A avaliação econômica das medidas propostas para o sistema de refrigeração foi elaborada levando em consideração os seguintes itens:

- Custo de energia: R\$ 0,31/kWh (Conforme tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do Grupo A4, horo-sazonal verde, industrial da Coelba);
- Tempo de operação anual dos compressores: 5 760 horas/ano;
- Tempo de operação anual da iluminação: 792 horas/ano;
- Taxa mínima de atratividade: 6,40%;
- Para o estudo em questão, considerou-se um período de 20 anos que normalmente é a vida útil média de um compressor;
- Adoção da linha de compressores New Ecoline da marca Bitzer, instalação de termostatos digital STC 1000, substituição das lâmpadas atuais por lâmpadas de bulbo LED e substituição da borracha de vedação das portas das câmaras e túneis.

Para determinar o potencial estimado de economia de energia e o investimento necessário para implantação das medidas propostas para o sistema utilizou-se de informações disponíveis no site do fabricante e copilou-se os dados com auxílio de planilhas do Excel.

Como resultado desta análise obteve-se uma economia anual estimada de quase 254 300 kWh/ano, correspondendo a uma redução de 22,3 % no consumo deste módulo temático e R\$ 78 830,00/ano no custo associado ao consumo de energia elétrica. O investimento necessário para adoção das medidas foi de R\$ 151 777,50, considerando somente o custo da aquisição dos novos compressores, dos termostatos digitais, da borracha de vedação e das lâmpadas, não levando em conta eventuais necessidades de adaptações mecânicas e custo de mão-de-obra.

Conforme a Tabela 37, os indicadores utilizados nesta análise de viabilidade econômica foram Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (Payback). Para cálculo do payback utilizou-se uma TMA de 6,40% ao ano, correspondente a taxa Selic, sendo necessários 1 ano e 11 meses para que o investimento inicial seja recuperado. O VPL foi de R\$ 723 709,00 e a TIR foi de 52 %, sendo maior que a TMA, o que significa que o projeto consegue pagar o investimento e gerar lucros. Diante disto, pode-se afirmar que os resultados revelam que o projeto é viável e economicamente atraente.

Tabela 37 – Resultados econômicos para proposta para o sistema de refrigeração.

Indicadores	Valor
Investimento	R\$ 151 777,50
Economia	R\$ 78 830,00/ano
TMA	6,40 %
VPL	R\$ 723 709,00
TIR	52 %
Payback (anos)	1 ano e 10 meses

5.4.2 Sistema motriz

Para execução das medidas propostas para o sistema motriz faz-se necessário a aquisição de novos motores, conforme descrito na Tabela 38.

Tabela 38 - Investimento necessário para adequação e melhoria da eficiência energética do sistema motriz.

Equipamento	Qtd.	Valor unitário	Valor total
Motor W22 IR3 Premium Trifásico – 4 CV	2	R\$ 2 653,04	R\$ 5 306,08
Motor W22 IR3 Premium Trifásico – 3 CV	4	R\$ 2 014,98	R\$ 8 059,92
Motor W22 IR3 Premium Trifásico – 1,5 CV	4	R\$ 1 494,86	R\$ 5 979,44
Motor W22 IR3 Premium Trifásico – 1 CV	3	R\$ 1 350,06	R\$ 4 050,18
Motor W22 IR3 Premium Trifásico – 0,75 CV	2	R\$ 1 214,58	R\$ 2 430,10
Motor W22 IR3 Premium Trifásico – 0,5 CV	4	R\$ 806,79	R\$ 3 227,16
Motor W22 IR3 Premium Trifásico – 0,33 CV	3	R\$ 849,05	R\$ 2 547,15
Total	-	-	R\$ 31 600,00

A avaliação econômica das medidas propostas no Sistema Motriz foi realizada tendo em vista as seguintes características:

- Custo da energia: R\$ 0,28/ kWh (Conforme tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica do Grupo A4, horo sazonal verde, rural);
- Tempo de operação anual: 2 640 horas/ ano;
- Taxa mínima de atratividade: 6,40%;
- Para o estudo em questão, considerou-se um período de 10 anos que normalmente é a vida útil média de um motor elétrico.
- Adoção da linha de motores W22 IR3 Premium Trifásico;

Com o auxílio de planilha do Excel e do Software See + determinou-se o potencial estimado de economia e o investimento necessário. Como resultado desta análise obteve-se uma economia anual estimada de 18 211,1 kWh/ano, correspondendo a uma redução de 21,88 % no

consumo deste módulo temático, equivalente a R\$ 5 100,00/ano. O investimento para aplicação desta proposta é de R\$ 31 600,00, considerando somente o investimento em motores, não levando em conta eventuais adaptações mecânicas e custos de mão de obra.

Os indicadores utilizados no estudo foram Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Investimento (Payback), conforme Tabela 39. O cálculo do payback considerou uma TMA de 6,40% ao ano.

Tabela 39 – Resultados econômicos das medidas propostas para o sistema motriz.

Indicadores	Valor
Investimento	R\$ 31 600,00
Economia	R\$ 5 100,00/ano
TMA	6,40%
VPL	R\$ 5 300,00
TIR	9,80 %
Payback (anos)	6 anos e 2 meses

Conforme Tabela 39 para que a empresa recupere o investimento inicial serão necessários 6 anos e dois meses. O VPL foi de R\$ 5 300,00 e a TIR foi de 9,80 %, sendo maior que a TMA, demonstrando que o projeto consegue pagar o investimento e ainda gerar economias, ou seja, o projeto é economicamente viável.

5.4.3 Sistema de condicionamento de ar

A análise do investimento necessário para adequação do sistema de condicionamento de ar levou em consideração a aquisição dos equipamentos necessários, não contando com a mão-de-obra para instalação. Esta análise baseou-se em catálogos e dados fornecidos pelos fabricantes e os preços foram orçados no mercado.

O investimento necessário para a proposta de adequação do sistema de condicionamento de ar encontra-se detalhado na Tabela 40.

Tabela 40 - Investimento necessário para adequação e melhorias do sistema de condicionamento de ar.

Equipamento	Qtd.	Valor Unitário	Valor Total
Unidade condensadora HCM/HCZ 064	4	R\$ 7 680,00	R\$ 30 720,00
Evaporador TRNA451 5x1/25	4	R\$ 2 860,00	R\$ 11 440,00
Unidade condensadora HCM/HCZ 044	1	R\$ 5 600,00	R\$ 5 600,00
Evaporador TRNA431 3x1/25	1	R\$ 1 980,00	R\$ 1 980,00
Total	-	-	R\$ 49 740,00

Ao contrário das anteriores, esta proposta não traz benefícios econômicos diretos. No entanto, esta medida trará a adequação aos requisitos estabelecidos pela Portaria SDA/MAPA/210/1998 e pelo Decreto n° 9.013, diminuindo o risco de contaminação por microrganismos das carnes manipuladas e evitando multas.

5.4.4 Sistema de iluminação

Para análise do investimento necessário para adequação do sistema de iluminação não foi considerada o custo com mão-de-obra, uma vez que esta pode ser realizada pela própria equipe de manutenção da Indústria Avícola A. Para esta análise utilizou-se catálogos e dados técnicos para embasamento geral e os preços foram orçados no mercado.

O investimento necessário para a adequação proposta para o sistema de iluminação, encontra-se detalhado na Tabela 41.

Tabela 41 - Investimento necessário para adequação e melhorias do sistema de iluminação.

Equipamento	Qtd.	Valor unitário	Valor total
Luminária tubo LED Intral – 18 W	2	R\$ 14,60	R\$ 29,20
Luminária tubo LED Intral – 32 W	152	R\$ 31,65	R\$ 4 810,80
Luminárias herméticas Ourolux	76	R\$ 72,50	R\$ 5 510,00
Total	-	-	R\$ 10 350,00

Assim como no sistema de condicionamento de ar, a implantação do investimento proposto para o sistema de iluminação não trará redução no consumo de energia elétrica. Para o projeto de adequação da iluminação faz-se necessário um investimento de R\$ 10 350,00 e resultará num aumento no consumo de cerca de 7 420 kWh/ano, correspondendo a aproximadamente R\$ 2 080,00/ano. A Tabela 42 compara o consumo do sistema de iluminação atual ao sistema proposto.

Tabela 42 – Comparação de consumo do sistema de iluminação.

Consumos	Sistema atual	Sistema proposto	Comparação (Atual – Proposto)
Consumo mensal (kWh)	455,4	1073,6	618,2
Consumo anual (kWh)	5464,8	12883,2	7 418,4
Consumo mensal	R\$ 127,51	R\$ 300,61	R\$ 173,10
Consumo anual	R\$ 1 530,14	R\$ 3.607,30	R\$ 2 077,15

Por sua vez, do ponto de vista da eficiência energética a adequação do sistema de iluminação com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 utilizando lâmpadas LED

proporcionarão cerca de 60% de economia de energia em comparação com a solução usando lâmpadas fluorescentes, além de requererem o mínimo de manutenção devido à vida útil longa. Além disto, assegurarão maior segurança e conforto lumínico aos funcionários da Indústria Avícola A.

5.4.5 Avaliação geral das análises econômicas

A partir deste estudo identificou-se a existência de perdas energéticas na Sala de Máquinas e Frigorífico, além da necessidade de adequação de alguns sistemas que compõe esta área de fronteira. Por meio das avaliações econômicas das diferentes propostas para o Sistema de Refrigeração e Sistema Motriz verificou-se que com a aplicação das medidas de eficiência energética sugeridas, a economia de energia seria de aproximadamente 272 500 kWh por ano, a redução na demanda seria cerca de 42 kW e R\$ 83 930,00 no custo anual.

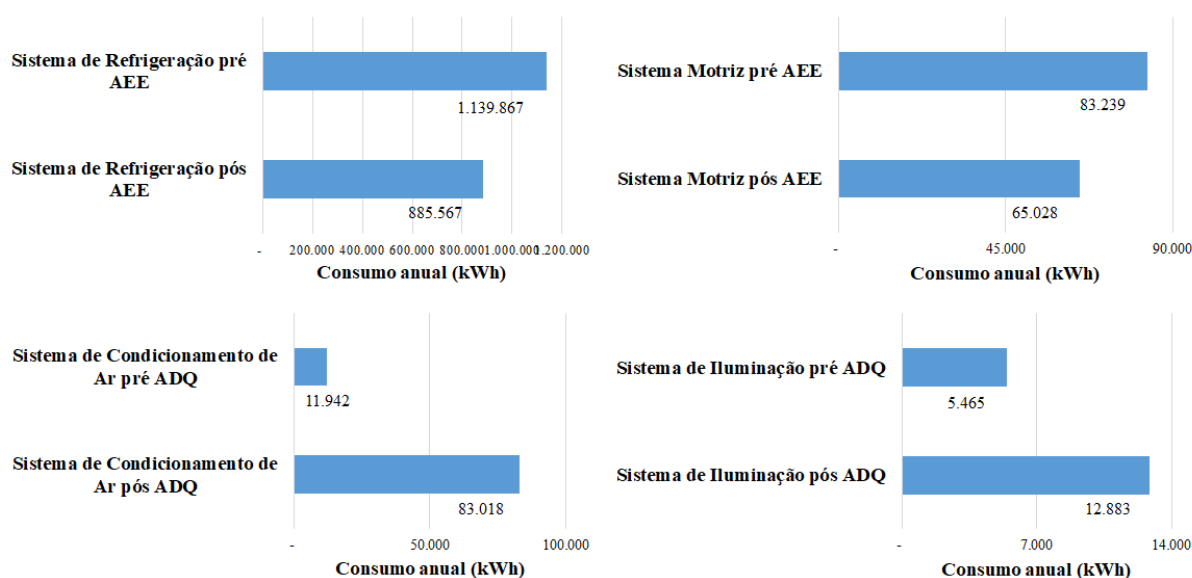
Do ponto de vista ambiental esta economia de energia evitaria o lançamento de 770 quilogramas de CO₂ para atmosfera, adotando o Fator de Emissão para cálculo de MDL – ano base 2017 publicado pelo Ministério de Ciências, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2017).

Por outro lado, a necessidade de adequação do sistema de iluminação e condicionamento de ar trará um aumento de quase 90 440 kWh no consumo de energia elétrica anual, 33,8 kW na demanda e de aproximadamente R\$ 25 330,00 ao ano.

Deste modo, o saldo final das ações de eficiência energética resulta numa economia de 182 060 kWh no consumo, 8,2 kW na demanda e de R\$ 58 600,00 no custo anual, evitando que cerca de 510 quilogramas de CO₂ sejam lançadas na atmosfera.

Na Figura 38 pode-se observar os potenciais de conservação de energia dos módulos temáticos de Refrigeração e Motriz com a aplicação de ações de eficiência energética (AEE) e o aumento no consumo resultante da adequação (ADQ) dos sistemas de Iluminação e condicionamento de ar.

Figura 38 - Potenciais de conservação e aumento resultante das adequações nos principais módulos temáticos.



Vale destacar alguns meios pelo quais a Indústria Avícola A pode conseguir financiamento para alcançar os objetivos propostos em relação à eficiência energética são:

- BNDES: o Banco Nacional do Desenvolvimento oferece linhas de crédito para investimento em melhorias de processos, renovação e substituição de equipamentos tendo em vista à eficiência energética. Além de contar com cartão para diagnóstico de eficiência energética para micro, pequena e médias empresas através de ESCOs;
- CTEnerg – Fundo Setorial de Energia: Administrado pela FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos, o CTEnerg é um fundo destinado a financiar programas e projetos na área de energia, especialmente na área de eficiência energética no uso final;
- Concessionárias de energia elétrica: As concessionárias de energia são grandes financiadoras de projetos e ações de eficiência energética, visto que, por força de lei, são obrigadas a investir 1% de suas receitas operacionais neste tipo de projeto.

5.4.6 Matriz de decisão ou priorização das alternativas de melhoria do desempenho energético

Com o intuito de priorizar as alternativas de melhoria do desempenho energético proposto realizou-se a matriz de decisão ou priorização conforme Apêndice E, sendo utilizados como

critérios de seleção o potencial de redução do consumo, potencial de redução do custo, o investimento requerido e a exigência da Portaria SDA/MAPA/210/1998.

As medidas de adequação do sistema de refrigeração, substituição dos motores, adequação do condicionamento de ar, adequação da iluminação e melhor acompanhamento das contas de energia foram pontuadas de acordo com os critérios estabelecidos. O resultado final da matriz de decisão está descrito na Tabela 43.

Tabela 43 - Resultado final da matriz de decisão ou priorização.

Oportunidades	Pontuação total
A: Adequações no sistema de refrigeração	144
B: Substituição dos motores	64
C: Adequação do condicionamento de ar	160
D: Adequação da iluminação	48
E: Melhor acompanhamento das contas de energia	96

Desta forma, a primeira alternativa de melhoria do desempenho energético que deve ser executada pela Indústria Avícola A é a adequação do sistema de condicionamento de ar, visto que esta medida é fundamental para o correto funcionamento do Frigorífico de acordo às exigências da Portaria SDA/MAPA/210/1998, evitando que a mesma seja penalizada por descumprimento.

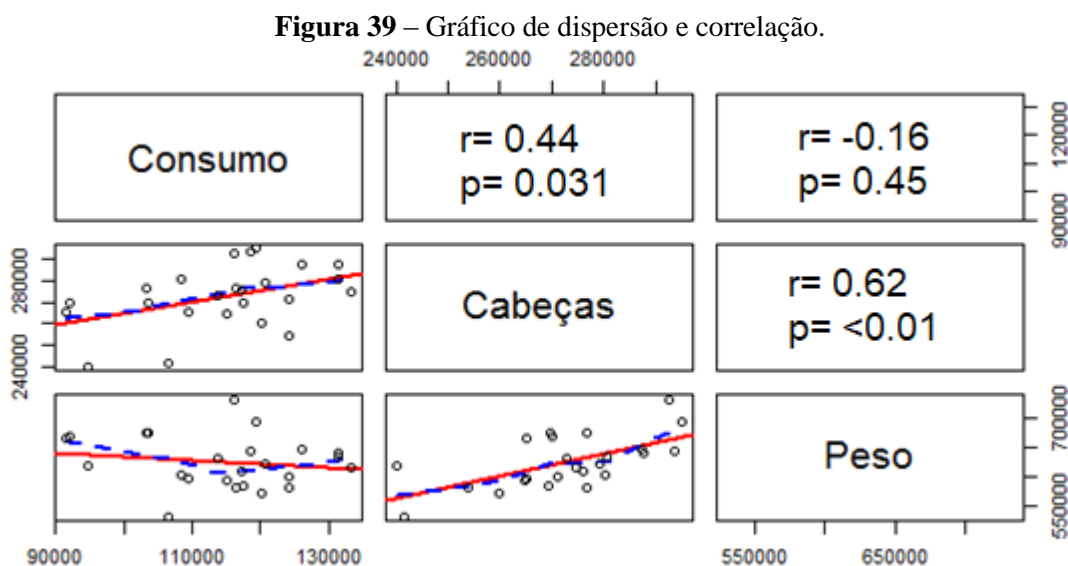
Logo após, a empresa deve realizar as adequações no sistema de refrigeração, por meio da substituição dos compressores e instalação de termostatos e borrachas de vedação. Em seguida, deve ser melhorado o acompanhamento das contas de energia, substituição dos motores e, por fim, adequar o sistema de iluminação.

5.5 LINHAS DE BASE ENERGÉTICA

Diante da falta de dados históricos sobre o consumo individual do Frigorífico determinou-se a linha de base apenas para a Sala de Máquinas, podendo ser considerada correspondente ao sistema de refrigeração visto que este representa quase 99% do consumo total deste contrato.

Desta forma, propõe-se que a Indústria Avícola A instale um medidor individual para o Frigorífico a fim de que o desempenho energético de todo o processo de abate consiga ser acompanhado, facilitando o gerenciamento correto e a elaboração de indicadores de desempenho e a linhas de base eficientes.

Com o intuito de determinar a linha de base para que a Indústria Avícola A compare as alterações no desempenho energético do sistema de refrigeração realizou-se inicialmente uma análise por meio do diagrama de dispersão e correlação, para conhecer a relação do “Consumo (kWh)” com as variáveis independentes de produção por “Cabeça Abatida (unidade)” e por “Peso Abatido (kg)”, conforme Figura 39.



De acordo com o gráfico de dispersão e correlação percebeu-se uma baixa correlação entre o “Consumo (kWh)” e as variáveis “Cabeça Abatida (unidade)” e “Peso Abatido (kg)”. Uma causa frequente da baixa correlação entre o consumo de energia e a produção é a falta de aplicação de boas práticas de gestão e controle de energia. Neste caso, a baixa correlação justifica-se pela falta de controle da temperatura nas câmaras e túneis de congelamento, ocasionando um funcionamento contínuo dos compressores, que independem da quantidade de produtos armazenados, resfriados e congelados.

Apesar deste fato, elaborou-se um modelo de regressão linear para descrever o comportamento do consumo de energia elétrica frente a estas variáveis independentes, tendo em vista a caracterização e quantificação do desempenho energético durante 2016 e 2017, para a utilização da linha de base como uma referência no cálculo de economia de energia entre o antes e depois da implantação de ações de melhoria da eficiência energética.

O modelo de regressão linear múltipla utilizando as variáveis “Cabeça Abatida (unidade)” e “Peso Abatido (kg)” obteve o resultado conforme a Tabela 44.

Tabela 44 – Resumo dos resultados da regressão para modelo de linha de base.

Parâmetros	Coefficientes	Erro padrão	p-valor
Intercepto	33 267,68	34 670	0,3481
Cabeças abatidas	0,721	0,1605	0,0002
Peso abatido	-0,183	0,05079	0,0016
Erro padrão residual: 8 656 com 21 graus de liberdade			
R²	0,5036	R²-ajustado	0,4563
F de significância	10,65	p-valor	0,00064

A partir da análise de regressão linear múltipla obteve-se a Equação 34 para representação deste modelo:

$$\text{Consumo} = 33\,267,68 + 0,7208\text{Cabeças abatidas} - 0,1837\text{Peso abatido} \quad (34)$$

De posse dos resultados da Tabela 44, verifica-se por meio da avaliação da significância da variável independente com as hipóteses usadas na regressão linear multivariada, para um nível de significância de 95%, verificou-se que as variáveis independentes são significativas estatisticamente, pois o p-valor foi igual a 0,0002 e 0,0016, sendo menor que o nível de significância de 5%.

No entanto, com base no baixo coeficiente de determinação (R^2 - ajustado) do modelo de linha de base percebe-se que o modelo estatístico não foi ajustado da melhor forma a partir dos dados. Desta forma, o modelo não pode ser utilizado para previsão do consumo do sistema de refrigeração e para elaboração de indicadores de desempenho energético confiáveis. De acordo a norma ABNT NBR ISO 50006 (2014), quando isto ocorre convém que a organização considere ajustar a linha de base por meio de melhores práticas de gestão da energia e ações de eficiência energética.

Visto que o modelo foi considerado inválido elaborou-se um novo modelo de linha de base da Indústria Avícola A comparando sua produção e consumo com organizações do mesmo setor. Para tal, utilizou-se o consumo referente à Sala de Máquinas, Frigorífico e Outros Módulos. As informações das outras organizações foram encontradas na base de dados *Industrial Assessment Centers* (2018), em Frozza (2013) e Bueno (2008).

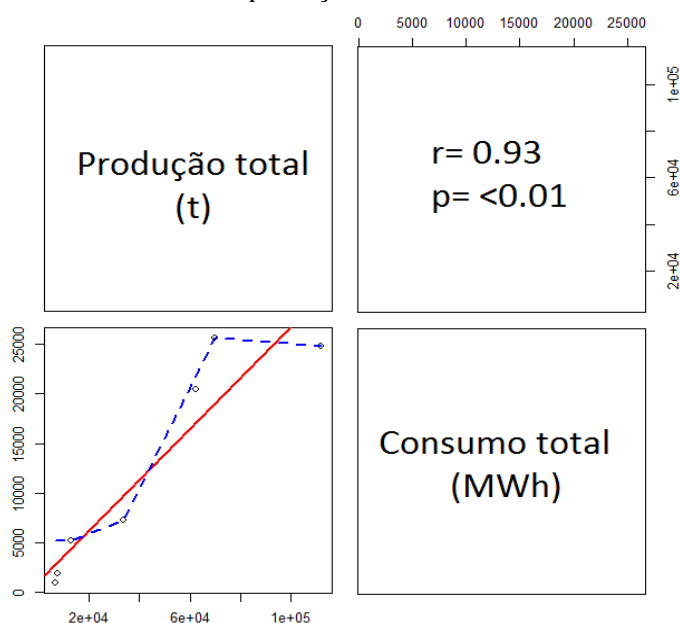
A Tabela 45 apresenta a localização e os dados relativos à produção e consumo de eletricidade por ano das empresas selecionadas e da Indústria Avícola A. Com base nestas informações foram comparados os valores relativos ao consumo atual e os valores do consumo específico.

Tabela 45 – Empresas selecionadas para o benchmarking e respectivas informações.

Estado	Produção total (t)	Consumo total (MWh)
Texas / EUA	62 400	20 456
Georgia / EUA	13 000	5 161
Arkansas / EUA	70 000	25 684
Oklahoma / EUA	112 000	24 773
Bueno (2008)/ São Paulo/ BRA	6 544	934
Indústria Avícola A	7 514	1 919
Frozza (2013)/ Paraná/ BRA	33 859	7 289

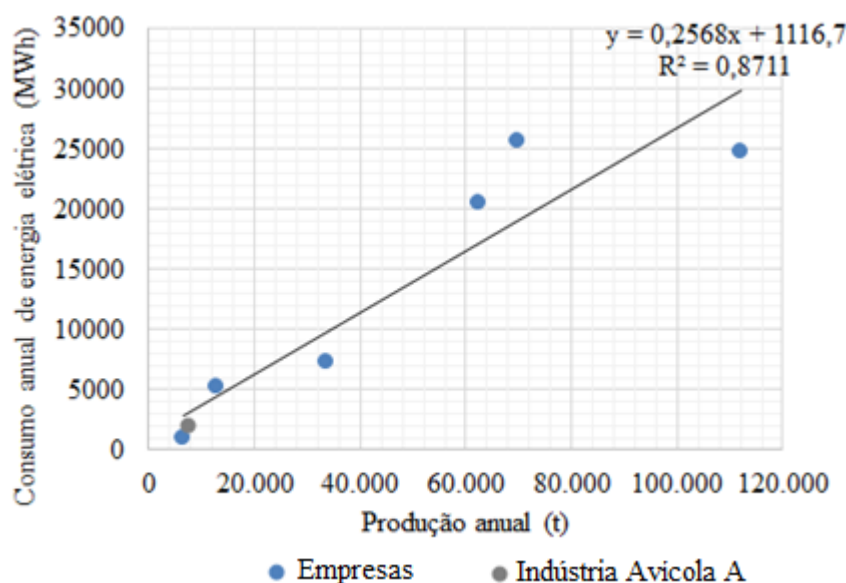
Como forma de conhecer a relação entre o consumo e a produção destas empresas realizou-se uma análise por meio do diagrama de dispersão e correlação, conforme Figura 40.

Figura 40 – Gráfico de dispersão e correlação do consumo das indústrias avícolas em relação à produção.



De acordo com este gráfico percebeu-se uma forte correlação entre as duas variáveis. A partir disto, elaborou-se um modelo de regressão linear simples que descreve o “Consumo total (MWh)” em relação a variável independente de “Produção total (t)”. A Figura 41 apresenta o gráfico que representa os valores do consumo anual de eletricidade, em MWh, em função da produção das empresas em análise, bem como a reta de regressão linear obtida.

Figura 41 – Consumo anual de energia elétrica em função da produção anual para diferentes empresas do setor avícola.



Analisando o gráfico anterior e dando atenção especial ao ponto que representa a Indústria Avícola A, representada na cor cinza, verifica-se que este situa abaixo da reta de regressão linear, ou seja, apresenta um consumo de energia elétrica inferior ao consumo médio das empresas analisadas. No entanto, é necessário ter em conta que os detalhes produtivos das outras unidades industriais não são conhecidos, o que pode fazer toda a diferença. Na Tabela 46 encontram-se os parâmetros obtidos na regressão linear.

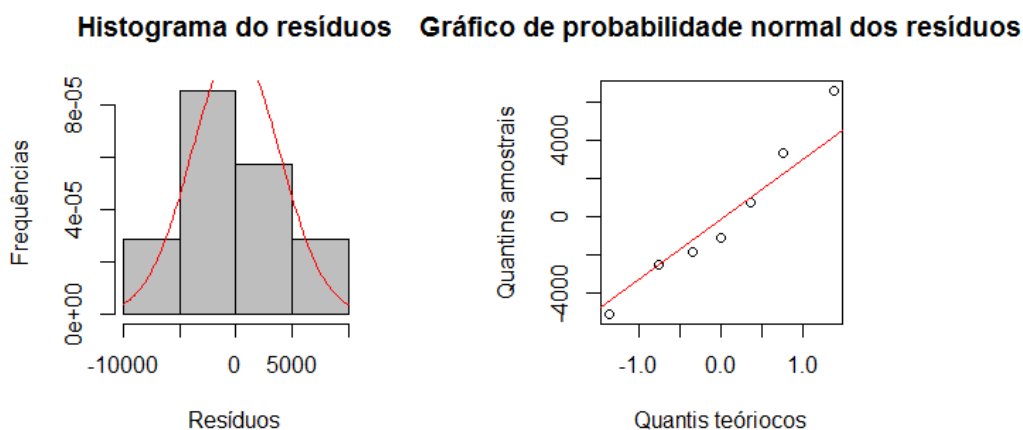
Tabela 46 – Resumo dos resultados da regressão para modelo para elaboração da linha de base.

Parâmetros	Coefficientes	Erro padrão	p-valor
Intercepto	1116,7	2519	0,676
Produção (t)	0,2568	0,0441	0,002
Erro padrão residual: 4 292 com 5 graus de liberdade			
R²	0,8711	R²-ajustado	0,8453
F de significância	33,77	p-valor	0,002128

De posse dos resultados da Tabela 46, verifica-se por meio da avaliação da significância da variável independente com as hipóteses usadas na regressão linear, para um nível de significância de 95%, que a variável independente é significativa estatisticamente, pois o p-valor foi igual a 0,002128, sendo menor que o nível de significância de 5%. Além disto, o coeficiente de determinação (R² - ajustado) foi igual a 0,87, o que indica que a variável independente explica 87% da variação da variável dependente.

Como forma de avaliar a normalidade dos resíduos do modelo elaborou-se o gráfico papel de probabilidade e histograma de frequência, conforme ilustra a Figura 42. Por meio do gráfico papel de probabilidade, verifica-se que os pontos seguem o comportamento da reta, indicando que os resíduos estão normalmente distribuídos. Além disto, a avaliação e distribuição do histograma dos resíduos reforçam esta suposição.

Figura 42 –Gráfico papel de probabilidade e histograma de frequência dos resíduos do modelo.



Como forma de comprovar a suposição da distribuição normal dos resíduos aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk. Para tal, tomou-se com hipótese nula a normalidade dos resíduos, por meio do p-valor de 0,947 e um nível de significância de 0,05 constata-se que a distribuição é normal, podendo-se afirmar que o modelo de linha de base é adequado para caracterizar e quantificar a eficiência energética, além de ser ideal para elaboração de indicadores de desempenho energético.

5.6 INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

1. Definição dos limites dos IDE

Para elaboração dos IDE foram realizadas comparações entre o consumo específico da Indústria Avícola A e outras empresas do mesmo setor por meio de *benchmarking*, utilizando a linha de base como referência. Além disso, definiu-se indicadores a nível do módulo temático mais significativo, sistema de refrigeração, utilizando indicadores de proporção dos valores medidos, com o intuito de padronizar comparações entre a indústria estudada e outras de mesma atuação.

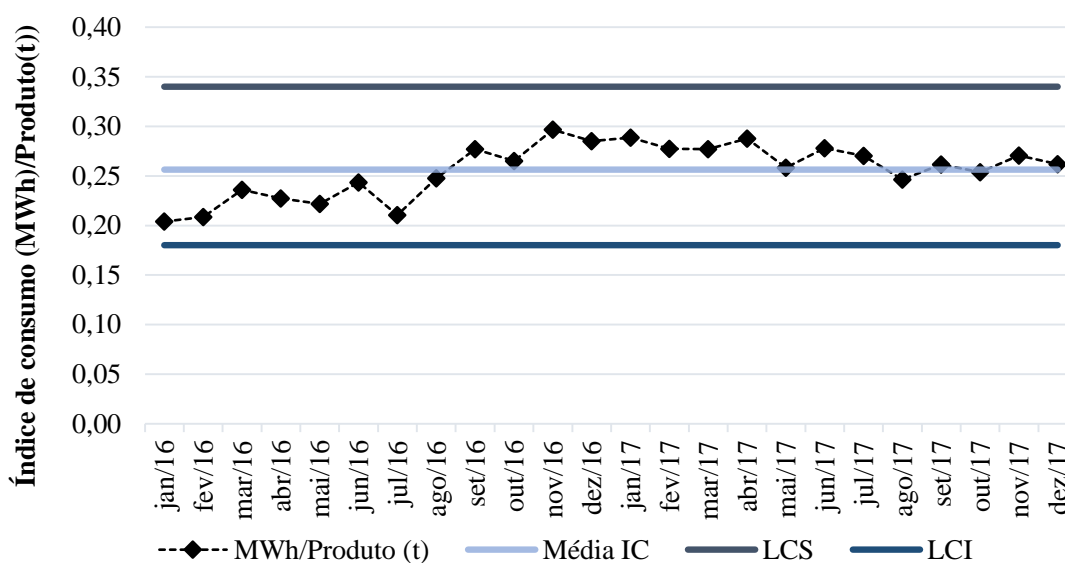
2. Elaboração dos IDE

- Indicador de consumo específico por *Benchmarking*

O consumo específico de energia é um indicador energético muito utilizado na comparação do desempenho energético de empresas do mesmo setor. O consumo específico é obtido através da divisão da energia consumida pela produção para um período de referência. Considerando que a produção anual média da Indústria Avícola A foi de 7 514 t e o consumo de eletricidade anual médio foi de 1 919 MWh, estimou-se um consumo específico de energia elétrica de cerca de 0,26 MWh/t.

Conforme mostra o gráfico de controle da Figura 43 para o período analisado percebeu-se que o índice de consumo da Indústria Avícola A está situado dentro dos limites de controle superior e inferior, demonstrando que as variações procedem de causas aleatórias e o comportamento da variável é estável.

Figura 43 - Gráfico de controle do índice do consumo de eletricidade.

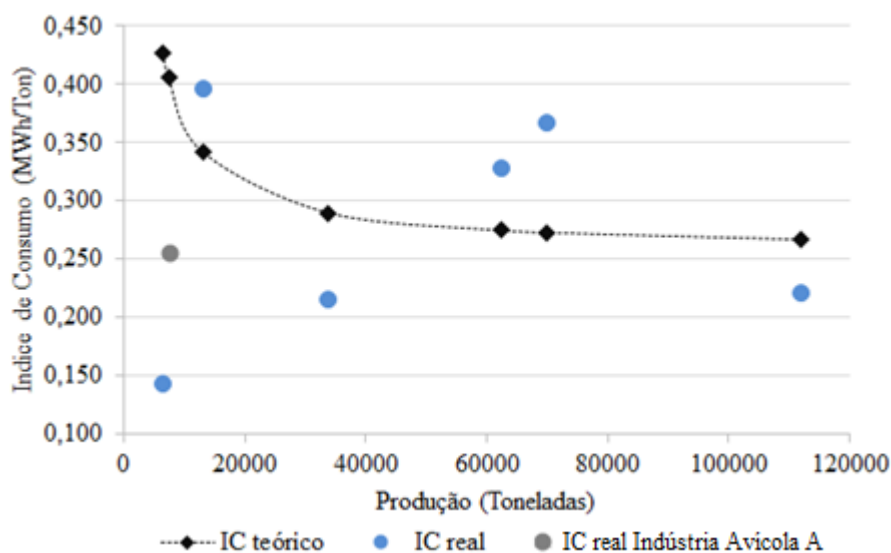


Com o intuito de caracterizar a Indústria Avícola A, do ponto de vista energético, frente a outras empresas do mesmo setor realizou-se o *Benchmarking*. Esta ferramenta permite identificar como a eficiência energética da empresa se encontra em comparação com outras empresas do setor.

A partir do índice de consumo base do período de referência, obtido através da divisão do modelo de linha de base pelo valor da produção, obteve-se o consumo específico teórico,

utilizando-o para comparação ao consumo específico real das empresas selecionadas com o intuito de avaliar o desempenho energético. A Figura 44 ilustra a variação do consumo específico teórico e real.

Figura 44 – Índice de consumo específico de energia elétrica em relação a produção anual.



Conforme esta comparação percebe-se que o comportamento do índice de consumo específico real das indústrias deste setor segue um comportamento aleatório, apresentando valores abaixo e acima da curva do índice de consumo específico teórico. A Indústria Avícola A, representada na cor cinza, apresentou índice de consumo real de 0,26 MWh/t, demonstrando que sua situação energética é vantajosa quando comparada com algumas das empresas analisadas.

No entanto, em relação as indústrias brasileiras, a Indústria Avícola A apresentou um índice consumo real superior. Para Frozza (2013) o índice de consumo foi igual a 0,22 MWh/t, e Bueno (2008) apresentou valor igual a 0,14 MWh/t.

A empresa analisada por Frozza (2013) abatia aproximadamente 65 mil aves por dia, com produção mensal aproximada de 2 900 toneladas. Esta empresa já possui metas energéticas definidas, mas ainda enfrentam problemas relacionados ao uso de energia sobretudo no sistema de refrigeração e ar comprimido.

A empresa pesquisada por Bueno (2008) possui uma capacidade de abate de 2 500 frangos por hora, com um abate diário médio de 16 000 frangos, pesando em média 2,5 a 3 kg. Dentre as medidas de eficiência energética que justificam o melhor desempenho energético da empresa estudada pela autora frente à Indústria Avícola A destacam-se a utilização de termospares para

controle da temperatura nas câmaras e túneis frigoríficos e o melhor rendimento dos compressores do sistema de refrigeração.

- Indicador de consumo do sistema de refrigeração

O indicador de consumo energético do sistema de refrigeração foi determinado através da relação entre o consumo médio mensal de energia elétrica (kWh/mês) e a produção de frango por peso abatido (kg) conforme Equação 33. Considerando que a produção mensal por peso abatido é em média de 626 178 kg, e que o consumo de eletricidade da Sala de Máquinas é de 114 763,77 kWh/mês, estimou-se um consumo específico de eletricidade de 0,183 kWh/kg.

O consumo específico do sistema de refrigeração da Indústria Avícola A encontra-se superior aos dados encontrados em Zanin et al. (2002) e Bueno (2008).

Zanin et al. (2002) realizou uma análise do perfil de consumo de energia elétrica no abate de frangos de corte em uma empresa que abate em média 180 000 aves por dia localizada no Paraná. Nesta análise, obteve-se um consumo específico da refrigeração de 0,137 kWh/kg.

Em um diagnóstico do uso de energia elétrica de um frigorífico de frango de corte, Bueno (2008) obteve o consumo específico da refrigeração de 0,141 kWh/kg. Como citado anteriormente, a empresa estudada pela autora possui um sistema de controle da temperatura das câmaras e compressores com rendimento superior aos da Indústria Avícola A, estas medidas influenciaram para o melhor desempenho energético.

No entanto, a Indústria Avícola A obteve um consumo específico inferior ao encontrado em Portela (2015), que em um estudo de viabilidade técnica e econômica em um frigorífico de aves obteve um consumo específico de 0,3312 kWh/kg, devido à falta de monitoramento e controle do sistema de refrigeração.

5.7 AVALIAÇÃO DA GESTÃO ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA AVÍCOLA A

Com relação às boas práticas de gestão de energia, o estado atual da Indústria Avícola A foi avaliado considerando seis áreas: Política energética, estrutura, treinamento e conscientização, medição do desempenho, comunicação e investimentos, com o auxílio da matriz de gerenciamento de energia e avaliação de gerenciamento de energia disponibilizada pela *Carbon Trust – Energy Management Self Assessment Tool*.

As informações coletadas foram copiladas na matriz de gestão de energia, que é dividida em 5 níveis (0-4), conforme a Tabela 18 da seção 3.7 GESTÃO ENERGÉTICA. A Tabela 47

demonstra o resultado da avaliação do gerenciamento de energia da Indústria Avícola A, revelando seu desempenho nas seis áreas.

Tabela 47 – Matriz de gestão de energia da Indústria Avícola A.

Nível	Política energética	Estrutura	Treinamento e conscientização	Medição do desempenho	Comunicação	Investimento
4	Política energética, plano de ação, incluindo revisões regulares e possui comprometimento ativo da alta direção	Totalmente integrada com a direção e clara contabilização do consumo de energia	Treinamento amplo de pessoal conforme as necessidades	Ampla medição de performance comparada com as metas e com efetiva comunicação à direção	Extensa comunicação dos assuntos relacionados a energia dentro e fora da organização	Recursos direcionados para eficiência energética em apoio aos objetivos e diretrizes da empresa
3	Política formal, porém, sem comprometimento da alta direção	Evidência clara da contabilização do consumo e de responsabilidades por melhorias	Treinamento direcionado para os principais usuários conforme necessidade	Medição semanal de performance para cada processo, unidade ou prédio	Reuniões regulares para a promoção de assuntos relacionados a energia e desempenho energético	Alguns critérios de avaliação utilizados para eficiência energética bem como para outros projetos de redução de custos
2	Não adota política energética	Alguma delegação de responsabilidade, porém com autonomia e estratégias de gerenciamento não muito claras	Treinamento interno para um grupo selecionado de pessoas conforme necessidade	Medição mensal por tipo de combustível / energia	Algum uso dos meios de comunicação da empresa para promover eficiência energética	Considera medidas de baixo ou médio custo com retorno de investimento em curto prazo
1	Conjunto de diretrizes não escritas	Informal e focada principalmente na aquisição de energia	Treinamentos específicos para equipe técnica ocasionalmente	Apenas análise de faturas	Reuniões informais para promover eficiência energética	Adotadas apenas medidas sem e/ou com baixo custo
0	Sem política energética explícita	Sem delegação de responsabilidade para gestão de energia	Não é realizado nenhum treinamento de pessoal relacionado a energia	Sem medição de consumo e custo de energia	Sem comunicação ou promoção de assuntos relacionados a eficiência energética	Sem investimentos para eficiência energética
Pontuação	0	0/1	0/1	1	0	1/2

A partir da matriz de gestão de energia percebe-se que na Indústria Avícola A o gerenciamento de energia é praticamente inexistente, não há uma política energética definida e não possui delegação formal de responsabilidades para gestão de energia.

Os treinamentos realizados são pontuais e específicos para a equipe técnica, não sendo executadas ações de conscientização, treinamento coletivo ou promoção de assuntos relacionados ao uso, consumo e conservação de energia.

Apesar da importância de a gestão de energia ser reconhecido pela alta gerência existe pouco suporte para as ações de eficiência energética, sendo adotadas apenas medidas sem ou baixo ou médio custo de implantação e com retorno de investimento em curto prazo.

Para uma avaliação mais detalhada os tópicos da Tabela 48 foram desdobrados em outros 12, com 50 subitens de avaliação com pontuações que variam de 0 (mínimo) até 1, 2, 3 ou 4

(máximo) conforme a relevância do tema na composição da pontuação final. As pontuações foram atribuídas de forma subjetiva e levaram em consideração as informações e evidências coletadas. Os resultados compilados são detalhados na Tabela 48.

Tabela 48 – Sumário de avaliação de gestão de energia da Indústria Avícola A.

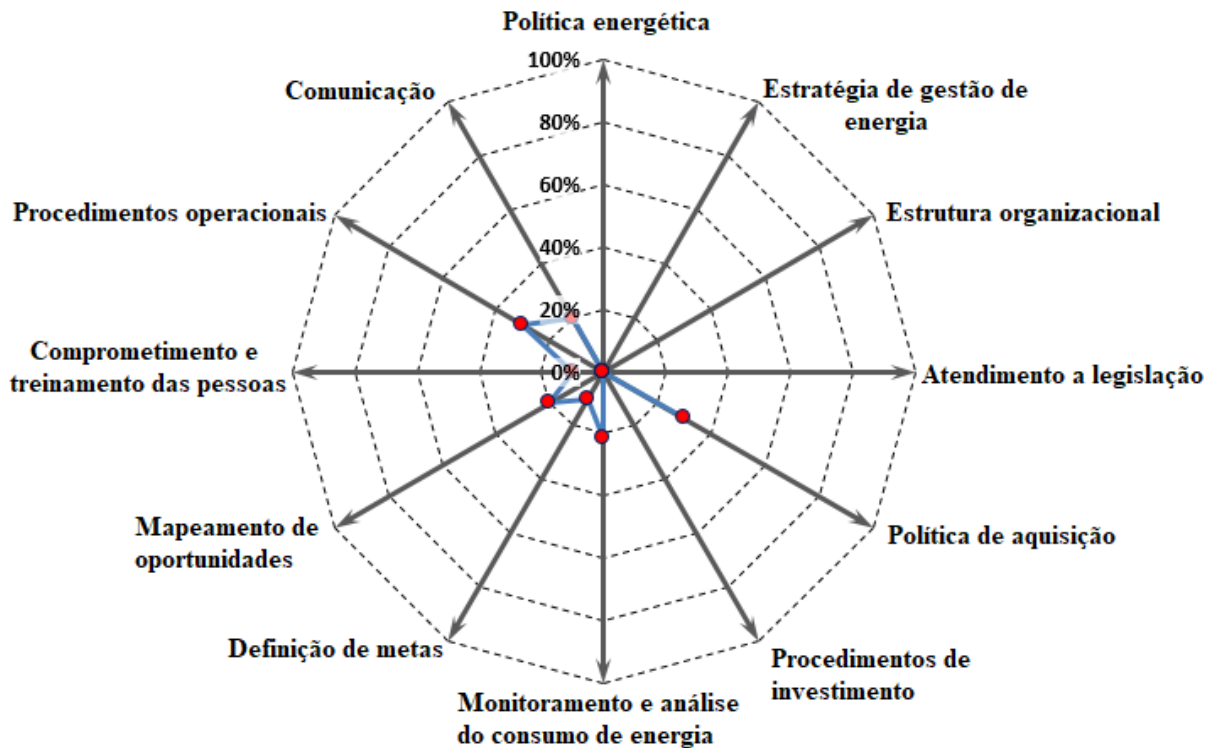
Itens de avaliação	Pontuação		% Pontuação
	Atual	Máximo	
Comprometimento da alta direção	0	32	0%
Política energética	0	10	0%
Estratégia de gestão de energia	0	10	0%
Estrutura organizacional	0	12	0%
Compromisso com a legislação	0	10	0%
Atendimento a legislação	0	10	0%
Aquisição e investimento	3	22	14%
Política de aquisição	3	10	30%
Procedimentos de investimento	0	12	0%
Sistemas de informação de energia e oportunidades	6	34	18%
Monitoramento e análise do consumo de energia	3	14	21%
Definição de metas	1	10	10%
Mapeamento de oportunidades	2	10	20%
Cultura e comunicação	6	30	20%
Comprometimento e treinamento das pessoas	1	10	10%
Procedimentos operacionais	3	10	30%
Comunicação	2	10	20%
TOTAL GERAL	15	128	12%

Conforme resultado da Tabela 48 verifica-se que a Indústria Avícola A alcançou 15 pontos de um total de 128, ficando evidente que as oportunidades de redução de custos de energia com a implantação de boas práticas de gestão estão inexploradas.

Conforme a Weg (2016), a gestão de energia ainda é um processo incipiente no Brasil e a maioria das empresas não alcançariam uma boa pontuação nesta avaliação. Desta forma, as empresas que se dedicarem na implantação de um sistema de gestão energética certamente terão vantagens e um diferencial no mercado.

Os resultados da Tabela 48 foram compilados em um gráfico de radar, com o intuito de oferecer uma avaliação informativa sobre a situação atual da gestão energética da Indústria Avícola A baseada em vários critérios, identificar os tópicos com maiores oportunidades de melhoria e servir como referência para avaliações futuras.

Figura 45 – Gráfico de radar da avaliação de gestão de energia da Indústria Avícola A.



Com base nas avaliações e no gráfico radar a Indústria Avícola A deve analisar seriamente estes critérios, identificar suas causas e alternativas para melhoria do desempenho energético. Após a implantação das alternativas propostas neste trabalho, a direção da empresa deverá revisitar esta auto avaliação, com o objetivo de medir seu processo e discutir as práticas bem-sucedidas e erros. Além disto, para que o gerenciamento de energia seja bem-sucedido e sustentado, o mesmo deve ser visto como um aspecto importante da organização e deve ser apoiado pela alta direção.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma revisão da literatura sobre eficiência energética, tendo como foco principal a análise de métodos para identificação de potenciais oportunidades para o uso racional de energia por módulo temático no setor industrial. Além disto, expôs a revisão energética realizada em uma indústria do setor avícola por meio da análise dos usos e consumos de energia com o objetivo de identificar oportunidades para melhoria do desempenho energético, sugerir alternativas que proporcione mudanças no uso e consumo de energia e elaborar linha de base energética e indicadores de desempenho eficientes, tendo como base a norma ABNT NBR ISO 50001 – Sistema de Gestão de Energia, e suas normas complementares.

Durante a revisão energética na Indústria Avícola A realizou-se uma caracterização energética com base em informações históricas de consumo das principais fontes de energia utilizadas, na qual constatou-se que a eletricidade era o energético de maior consumo dentro da empresa, com representatividade de 98,75%. Dentro da delimitação de fronteiras por processo verificou-se que o processo de abate de aves, que abrange a Sala de Máquinas e Frigorífico, é a maior consumidora de eletricidade, sendo responsável por 76,03%. Na identificação dos módulos temáticos de uso significativo de energia constatou-se que o sistema de refrigeração é o maior consumidor, com 84,68%.

Ainda que o sistema de refrigeração ofereça maior potencial melhoria do desempenho energético da Indústria Avícola A, identificou-se também algumas oportunidades nos módulos temáticos de sistema motriz, condicionamento de ar e iluminação, além da análise tarifária e quadros de distribuição e circuito. Desta forma, realizou-se uma auditoria energética Nível II em todos estes módulos temáticos.

De posse das informações coletadas na auditoria energética realizou-se uma análise de viabilidade técnica e econômica das medidas propostas, tendo como objetivo principal atingir o aumento na eficiência energética, evidenciando que a implantação das medidas de eficiência energética sugeridas para o sistema de refrigeração e sistema motriz resultaria numa economia de energia de aproximadamente 272 500 kWh por ano, correspondendo a uma redução de aproximadamente 17% no consumo total de eletricidade da área de fronteira, R\$ 83 930,00 no custo anual, redução de emissões de 770 quilogramas de CO₂/ano e uma diminuição na demanda de aproximadamente 42 kW.

Por sua vez, os sistemas de condicionamento de ar e iluminação da Indústria Avícola A necessitam de adequações para cumprir as exigências da Portaria SDA/MAPA/210/1998 e da norma NBR ISO/CIE 8995-1, respectivamente. As medidas propostas para estes sistemas

aumentam o consumo em 90 440 kWh por ano, correspondendo a R\$ 25 330,00, e aumento na demanda de 33,8 kW. Apesar de representar um acréscimo no consumo, estas medidas evitam que a Indústria Avícola A seja penalizada pelo não cumprimento das exigências sanitárias, visto que a inconformidade com a Portaria SDA/MAPA/210/1998 resulta em advertência, quando infrator primário, ou multa de 1% a 40% do valor máximo (R\$ 500 000,00).

Diante destas colocações, o saldo final das medidas propostas para os principais módulos temáticos da Indústria Avícola A resulta numa economia de 182 060 kWh no consumo, correspondendo a uma redução de aproximadamente 11% do consumo de eletricidade da área de fronteira, R\$ 58 600,00 no custo anual e 8,2 kW na demanda, evitando que cerca de 510 quilogramas de CO₂ sejam lançadas na atmosfera.

A análise tarifária demonstrou que os contratos da Sala de Máquinas e Frigorífico e Outros Módulos encontram-se com a correta estrutura tarifária e as demandas contratadas encontram-se adequadas às reais necessidades da empresa. No entanto, a cobrança de consumo reativos excedentes foi identificada em quase todos os meses do período analisado e o fator de carga indica que as cargas elétricas da indústria não estão sendo utilizadas de forma racional ao longo do tempo. Além disto, a empresa apresenta constantes gastos por multas e juros devido a atrasos no pagamento das faturas dos dois contratos. O correto gerenciamento e melhor acompanhamento para que as contas sejam quitadas na data definida pela concessionária proporcionará uma economia de mais de R\$ 22 000,00 por ano.

Com base nas oportunidades de melhoria do desempenho energético e de posse das informações da análise de investimentos para adequação dos sistemas e estudo de viabilidade econômica para as alternativas de redução de perda definiu-se critérios para priorização das medidas propostas por meio de uma matriz de decisão. O resultado final da matriz de decisão demonstra que a Indústria Avícola A deve priorizar a adequação do sistema de condicionamento de ar. Em seguida deve-se executar a adequação do sistema de refrigeração, realizar o melhor acompanhamento das contas de energia, substituir os motores e, por fim, adequar o sistema de iluminação, nesta ordem.

Com base nas análises estatísticas realizadas determinou-se o modelo de linha de base capaz de representar o consumo de energia elétrica da Sala de Máquinas, equivalente ao sistema de refrigeração visto que este modulo temático representa 99% do consumo total desta área. Para isto, elaborou-se um modelo de regressão linear múltipla para descrever o comportamento do consumo de eletricidade frente às variáveis de produção por “Cabeça Abatida (unidade)” e “Peso Abatido (kg)”, no qual obteve-se um baixo coeficiente de determinação, evidenciando que o modelo estatístico não foi ajustado da melhor forma a partir dos dados. Desta forma, fez-

se necessária a elaboração de um novo modelo de linha de base da Indústria Avícola A comparando sua produção e consumo com organizações do mesmo setor.

Na elaboração dos indicadores de desempenho energético realizou-se a comparação do consumo específico da Indústria Avícola A com outras empresas do mesmo setor por meio de *benchmarking*. A comparação demonstrou que a Indústria Avícola A apresenta índice de consumo específico real de 0,26 MWh/t, comprovando que sua situação energética é vantajosa em relação a algumas empresas do setor. No entanto, em relação a indústrias brasileiras analisadas encontra-se em desvantagem. O indicador de consumo do sistema de refrigeração da Indústria Avícola A foi de 0,183 kWh/kg, encontrando-se superior aos encontrados por Zanin et al. (2002) e Bueno (2008) e inferior ao encontrado em Portela (2015).

A situação da gestão energética da Indústria Avícola A também foi avaliada. Por meio da matriz de gerenciamento de energia e avaliação do gerenciamento de energia percebeu-se o gerenciamento de energia da empresa é praticamente inexistente, não havendo política energética e delegação formal de responsabilidades para gestão de energia. Além disto, os treinamentos realizados são pontuais, não sendo executadas ações de conscientização, treinamento coletivo ou promoção de assuntos relacionados à eficiência energética. Apesar disto, a importância da gestão de energia é reconhecida pela alta gerencia.

Diante dos resultados da revisão energética e avaliação da gestão energética constatou-se que a Indústria Avícola A possui grande potencial para aumento a eficiência energética, podendo alcançá-la através da implementação de uma política energética formal, com plano de ação definido, incluindo revisões energéticas regulares e comprometimento ativo da alta direção. Além disso, faz-se necessária a conscientização e treinamento amplo de seus trabalhadores em relação às boas práticas no uso e consumo de energia.

A implementação de ações de eficiência energética e redução do consumo de energia no setor industrial apresentam-se como oportunidades promissoras para que o Brasil alcance um melhor posicionamento na classificação mundial de eficiência energética. O sistema de gestão energética nos padrões da ABNT NBR ISO 50001 constitui um guia para que as indústrias melhorem o desempenho energético, aumentem a eficiência energética, diminuam os impactos ambientais, reduzam dos custos e aumentem a competitividade. As indústrias que se dedicarem na implantação de um sistema de gestão energética certamente obterão vantagens e um diferencial no mercado.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para pesquisas futuras são sugeridos os seguintes itens:

- Realizar uma revisão energética com base na norma ABNT NBR ISO 50001 em outra empresa do setor avícola a fim de comparar os indicadores de desempenho energético encontrados neste trabalho;
- Desenvolver uma solução tecnológica informatizada que permita o acompanhamento das várias etapas da revisão energética.

REFERÊNCIAS

ABESCO - Associação **Brasileira de Serviços de Conservação de Energia. 4 dicas para economizar energia nas empresas.** 2015. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/4-dicas-para-economizar-energia-nas-empresas/>>.

ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimento. **Relatório anual.** 2017. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/vsn/temp/z201843relatorioABIA2017.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 5410.** Rio de Janeiro, 2008.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR ISO - 50006:** Sistemas de gerenciamento de energia - Medição do desempenho energético com base na energia e indicadores de desempenho energético - Princípios e orientações gerais. Rio de Janeiro, 2016

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR ISO 50001: sistemas de gestão da energia - requisitos com orientação para uso.** Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995.** Rio de Janeiro, 2013.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEINA ANIMAL. **Relatório Anual 2018.** São Paulo, 2018b. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEINA ANIMAL. **Resumo do Setor de Aves: O Brasil Avícola.** 2018a. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/resumo>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

ACEEE - AMERICAN COUNCIL FOR AN ENERGY-EFFICIENT ECONOMY. **The 2018 International Energy Efficiency Scorecard.** Washington: ACEEE, 2018. Disponível em: <<http://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/i1801.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2018.

AchEE - AGENCIA CHILENA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. **Guia de implementación de sistemas de gestión de la energia basada en ISO 50001.** 3. Ed. 2013. Disponível em: <<http://www.gestionaenergia.cl/pdf/ISO50001.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2017.

AFONSO, M. J. P. **Análise energética de uma indústria metalomecânica:** balanços detalhados dos fornos de cementação e têmpera. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

AIDA - ASSOCIAÇÃO INDUSTRIAL DO DISTRITO DE AVEIRO. **Sistema de gestão energética:** guia prático. Aveiro: AINDA, 2014. Disponível em: <<http://sustentabilidade.aida.pt/wpcontent/uploads/2015/06/GuiaSGE2.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **A busca da articulação entre ações de incentivo.** Revista Eficiência Energética agosto 2013, 1ra edição. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/revista_pee_2013.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2017.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **A busca da articulação entre ações de incentivo**. Brasília: Revista Eficiência Energética, 2013, 1. ed. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/revista_pee_2013.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública**. 7. ed. Brasília: ANEEL, 2016. 44 p.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução nº 271**, de 19 de julho de 2000. Estabelece os critérios de aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico brasileiro. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bres2000271.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2017.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resumo de investimento no PEE desde a publicação da RN 300/2008 até março de 2016**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 13 de março de 2018.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Procedures for Commercial Building Energy Audits**. 2 ed. Estados Unidos: U.S Department of Energy, 2011.

Ates, S. A., Durakbasa, N. M. **Evaluation of corporate energy management practices of energy intensive industries in Turkey**, Energy, Volume 45, Issue 1, 2012, Pages 81-91, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.03.032>.

AVICULTURA INDUSTRIAL. **Anuário 2018**. 2017. Ed. 1272, n. 11/2017, ano 108. 78 p Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/edicao/20171214-152905-K435>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

Backlund, S. et al. **Extending the energy efficiency gap**. Energy Policy, 51, 2012, pp. 392-396.

BACKLUND, S., THOLLANDER, P. **Impact after three years of the Swedish energy audit program**, Energy, Volume 82, 2015, Pages 54-60, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.12.068>.

BITZER. **BITZER Software**. Disponível em: <<https://www.bitzer.de/websoftware/Default.aspx>>. Acesso em: 14 out. 2018.

BONACINA, F. et al. **Industrial Energy Management Systems in Italy: State of the Art and Perspective**, Energy Procedia, Volume 82, 2015, Pages 562-569, ISSN 1876-6102, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.871>.

BRAND, H. G., VOSLOO, J. C., MATHEWS. **Automated energy efficiency project identification in the gold mining industry**, 2015 International Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy (ICUE), Cape Town, 2015, pp. 17-22. doi: 10.1109/ICUE.2015.7280241.

BRASIL. **Decreto nº 2.335**, de 06 de outubro de 1997. Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 out. 1997. Seção 1, p. 22377.

BRASIL. **Decreto nº 9.013**, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 mar. 2017. Seção 1.

BRASIL. **Decreto nº 99.656**, de 26 de outubro de 1990. Dispõe sobre a criação, nos órgãos e entidades da Administração Federal direta e indireta, da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), nos casos que menciona, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 dez. 1990. Seção 1, p. 20548.

BRASIL. **Lei nº 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 18 out. 2001. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Lei nº 10.847**, de 15 de março de 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética - EPE e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 16 mar. 2004. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Lei nº 12.212**, de 20 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica; altera as Leis nºs 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.925, de 23 de julho de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 21 jan. 2010. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Lei nº 13.280**, de 03 de maio de 2016. Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 04 maio 2016. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Lei nº 9.478**, de 06 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 07 ago. 1997. Seção 1, p. 16925.

BRASIL. **Lei nº 9.991**, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 25 jul. 2000. Seção 1, p. 1.

BRITO, J.; LAMIM, P.C.; ALVES, P.A. **Implantação do programa de manutenção preditiva de painéis elétricos através da análise termoeletrica**. In: XI Seminário Brasileiro de Manutenção Preditiva e Inspeção de equipamentos, 2005.

BUENO, L. G. F. **Diagnóstico do uso de energia elétrica de um frigorífico de frangos de corte enfatizando medidas de eficiência energética**. 2008. 175 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BUENO, L. G. F.; ROSSI, L. A.; MEDEROS, B. J. T. **Diagnóstico preliminar sobre uso racional de energia elétrica em um abatedouro de frangos de corte**. In: ENCONTRO DE

ENERGIA NO MEIO RURAL, An. 6., 2006, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100051&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 23 mar. 2019.

BUNSE, K. et al. **Integrating energy efficiency performance in production management – gap analysis between industrial needs and scientific literature** J. Clean. Prod., 19 (2011), pp. 667-679.

CARBON TRUST. **Energy management self-assessment tool**. Disponível em: <<https://www.carbontrust.com/resources/tools/energy-management-self-assessment-tool/>>. Acesso em: 18 abril 2019.

CARDOSO, G. B. **Potencial de Redução de Consumo de Energia Elétrica em Entrepósito Frigorífico: Um Estudo de Caso**. 2004. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90799/cardoso_gb_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 out. 2018.

CARVALHO et al. **Estudo de redução de custos de energia elétrica aplicado em supermercados utilizando medidas e conceitos de eficiência energética**. 2016. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CASTRO, R. A. de. **Análise de viabilidade de troca de motores elétricos superdimensionados e a influência da energia reativa**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Comissão de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

CEBDS - CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Destravando o financiamento à eficiência energética no Brasil: soluções financeiras e não financeiras para os agentes do mercado**. Rio de Janeiro, 2014.

CHIARONI, D. et al. **Overcoming internal barriers to industrial energy efficiency through energy audit: a case study of a large manufacturing company in the home appliances industry**. Clean Technologies and Environmental Policy, 19(4), 1031–1046, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1298-5>.

CHIOVATTO, C. **Metodologia de avaliação das condições de funcionamento dos motores de indução trifásicos sob o enfoque da eficiência energética**. 2011. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14511/1/d.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

CLAUDINO, R. S. O programa de eficiência energética e sua efetividade, na perspectiva social, ambiental e econômica: estudo de caso da concessionária de energia elétrica do estado de Santa Catarina – Celesc Distribuição S.A. 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Gestão de Políticas Públicas, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2016.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Eficiência energética na indústria: o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional**. Procel. Brasília. 2009.

CNPE - CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. **Apresentação das principais ações desenvolvidas pelo setor energético para conservação de energia**. 30ª Reunião Ordinária. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <

<http://www.mme.gov.br/documents/10584/2472367/Apresenta%C3%A7%C3%A3o+da+30%C2%AA+Reuni%C3%A3o+CNPE.pdf/8d39f521-ec3c-45dd-b0de-7754ce83c76e>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

CONPET - PROGRAMA NACIONAL DA RACIONALIZAÇÃO DO USO DOS DERIVADOS DO PETRÓLEO E DO GÁS NATURAL. **Consulte o modelo de equipamento contemplado com o Selo CONPET.** 2012. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/selo-conpet.shtml>. Acesso em: 17 jun. 2017.

CONPET - PROGRAMA NACIONAL DA RACIONALIZAÇÃO DO USO DOS DERIVADOS DO PETRÓLEO E DO GÁS NATURAL. **Ação local:** benefício global. 2017. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet.shtml>. Acesso em: 20 ago. 2018.

CORTELETTI, D. **Ferramenta de autoavaliação do potencial de eficiência energética aplicada às indústrias do setor metalmeccânico.** 2015. Dissertação de mestrado - Curso de Mestrado Profissional em Produção - Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

COSTA, H. J. M. **Roteiro de pré-diagnóstico para otimizar o uso de energia elétrica em empresas de pequeno porte.** 2015. 191 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CUSA, Y. G. et al. **Elaboração de um Modelo de Linha de Base Utilizando Regressão Linear.** In. XVII Congresso Brasileiro de Energia - XVII CBE, 2017, Rio de Janeiro. Planejamento Energético e Novas Tecnologias. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 2017. v. 17. p. 13-28.

CUSA, Y. G.; **Eficiência energética em empresa do setor de ferroligas.** 2018. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. Disponível em: <http://www.pei.ufba.br/sites/pei.ufba.br/files/dissertacao_final_-_yamilet.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.

CUSA, Y. G.; VIANA, C. C.; TORRES, E. A. **O planejamento energético com direcionador para a implantação de um sistema de gestão de energia.** Sodebras: Soluções para o Desenvolvimento do País, v. 12, n. 141, p.238-243, 2017. .

DANFOSS. **Coolselector 2.** Disponível em: <<https://www.danfoss.com/pt-br/service-and-support/downloads/dcs/coolselector-2/>>. Acesso em: 14 out. 2018.

ELETROBRÁS et al. **Metodologia de realização de diagnóstico energético:** guia básico. Brasília: IEL/NC, 2009. 108 p.: il. ISBN 978-85-87257-29-1.

ELETROBRÁS/ PROCEL (2011). Manual de iluminação. Rio de Janeiro, 2011.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Business Analysis for Energy-Efficiency Investments.** EPA, June 1998. 12 p.

EPE – EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. **Análise da eficiência energética em segmentos industriais selecionados:** segmento alimentos e bebidas. Brasília, 2018b. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-314/topico-407/PRODUTO%20_Vpublicacao.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 2007. Disponível em: <

http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_fatoresdeconversao_indice.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. **Avaliação da eficiência energética para os próximos 10 anos (2012-2021)**. Nota Técnica DEA 16/12. Rio de Janeiro, 2012. p. 26. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

EPE - EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. **Balço energético nacional 2018**: ano base 2017: Relatório Sínteses. Rio de Janeiro, 2018a. Disponível em:< <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

EPE – EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. **Resenha energética brasileira 2018**: ano base 2017. Brasília, 2018c. Disponível em: < <http://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Documents/Resenha%20Energ%C3%A9tica%202018%20-MME.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

EVANS, J.A. et al. **Assessment of methods to reduce the energy consumption of food cold stores**, Applied Thermal Engineering, Volume 62, Issue 2, 2014, Pages 697-705, ISSN 1359-4311, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.10.023>.

FABBRIANI, L. F. B. **Proposta de políticas de eficiência energética para o Brasil: impacto no consumo de eletricidade na indústria de alimentos e bebidas**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.urb.puc-rio.br/dissertacao/dissertacao_luiz_fernando_fabbriani.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

FABBRIANI, L.; CALILI, R. **Proposal of energy efficiency policies for food and beverage industry in Brazil**. Journal of Renewable and Sustainable Energy, Vol.10, 2018 DOI: <<https://doi-org.ez10.periodicos.capes.gov.br/10.1063/1.5002088>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

FIEDLER, T., MIRCEA, P. **Energy management systems according to the ISO 50001 standard — Challenges and benefits**, 2012 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), Craiova, 2012, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICATE.2012.6403411.

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br>>. Acesso em: 13 de outubro de 2016.

FOSSA, A. **Análise estratégica sobre a ABNT NBR ISO 50001 e as oportunidades para o mercado de eficiência energética**: Parte 2. Revista O Setor Elétrico, 2015. Disponível em: <www.osetoreletrico.com.br>. Acesso em: 10 out. 2017.

FOSSA, A. J.; SGARBI, F. A. **Guia para aplicação da norma ABNT NBR ISO 50001**: gestão de energia. International Copper Association (ICA), 2017. 84 p. Disponível em: < <https://www.procobre.org/pt/wp-content/uploads/sites/4/2018/03/mot-guia-gestao-de-energia.pdf> >. Acesso em: 10 nov. 2017.

FROZZA, J. F. **Eficiência energética em indústria frigorífica**; desafios de implantação. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

FROZZA, J. F. et al. **Metodologia de implantação de um sistema de gestão de energia utilizando ABNT NBR ISO 50001**. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2012.

- GANAPATHY, A. et al., **Online Energy Audit and Renewable Energy Management System**. In: International Conference on Computing Communication Control and automation (ICCUBEA), Pune, 2016, p. 1-6.
- GONZÁLEZ, A. J., CASTRILLÓN, R., QUISPE, E. C. **Energy efficiency improvement in the cement industry through energy management**, 2012 IEEE-IAS/PCA 54th Cement Industry Technical Conference, San Antonio, TX, 2012, pp. 1-13. doi: 10.1109/CITCON.2012.6215688.
- GUEDES JUNIOR, O. M. **Análise tarifária e avaliação do fator de carga para auxílio a decisão**: estudo de caso em indústria siderúrgica. Revista escrita: revista do curso de exatas da UNIABEU , 2016.
- HADDAD, J. Possíveis avanços para a eficiência energética no Brasil e como a regulação pode contribuir para seu aprimoramento. VI Congresso brasileiro de regulação. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2009. p. 22.
- HARDING, A. C.; NUTTER, D. W.; LIANG, Y. **Unit Operation Energy Intensities for a Poultry Broiler Processing Plant**. *Energy Engineering*, v. 113, 2016 – Issue 3, p. 38 – 70. Doi: 10.1080/01998595.2016.11689740.
- HOLLANDER, M.; WOLFE, D. **Nonparametric Statistical Methods**. 2. ed. Toronto: Wiley-Interscience, 1999.
- IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy outlook 2017**. 2017. Disponível em: < <https://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2017SUM.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.
- INDUSTRIAL ACESSMENT CENTER. **IAC Database**. 2018. Disponível em: <<https://iac.university/>>. Acesso em: 14 out. 2018.
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Tabela do nível de eficiência dos condicionadores de ar do tipo Split Piso - Teto**. 2018. Disponível em:< http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_piso-teto_indicenovo.pdf >. Acesso em: 10 jun. 2018.
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **The ISO Survey of Management System Standard Certifications (2011-2016)**. 2017. Disponível em: <<https://www.iso.org/the-iso-survey.html>>. Acesso em: 30 nov. 2017.
- JAVIED, T. et al. **Strategic energy management in industry 4.0 environment**, 2018 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon), Vancouver, BC, 2018, pp. 1-4. doi: 10.1109/SYSCON.2018.8369610.
- JEKAYINFA, O. **Energetic Analysis of Poultry Processing Operations**. Leonardo Journal of Sciences. ISSN 1583-0233, Issue 10, January-June 2007, p. 77-92.
- JOHANSSON, M.T. **Improved energy efficiency within the Swedish steel industry—the importance of energy management and networking**. *Energy Efficiency* (2015) 8: 713. <https://doi-org.ez10.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12053-014-9317-z>.
- K. Kermeli, W. H. J. Graus, E. Worrell, **Energy efficiency improvement potentials and a low energy demand scenario for the global industrial sector**. *Energy Efficiency*. 7, 987–1011 (2014).

- KANNEGANTI, H. et al. **Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard**, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 23, 2017, Pages 121-135, ISSN 2213-1388, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.09.003>.
- KLUCZEK, A., OLSZEWSKI, P. **Energy audits in industrial processes**, Journal of Cleaner Production, Volume 142, Part 4, 2017, Pages 3437-3453, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.123>.
- KRAUSE, C et al. **Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: IBAM/E ELETROBRÁS/PROCEL, 2002. 230 p.
- PÉREZ-LOMBARD, L., ORTIZ, J., VELÁZQUEZ, D. **Revisiting energy efficiency fundamentals**. Energy Efficiency. **6** (2013), pp. 239–254.
- LACKNER, M. **Energy efficiency: Comparison of different systems and technologies**. In Handbook of Climate Change Mitigation, Vol. 2, pp. 841–907, 2012. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7991-9_24.
- LEI, F; HU, P. **A baseline model for office building energy consumption in hot summer and cold winter region**. 2009. In: International Conference on Management and Service Science, Wuhan, 2009, pp. 1-4. DOI: 10.1109/ICMSS.2009.5301031.
- LEITE, F. C. **Modelamento da Eficiência Energética para o Gerenciamento Sustentável no Setor Industrial pela Medição e Verificação**. 2010.94 f. Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- LIANG, Y; HARDING, A. C.; NUTTER, D. W. **Energy Assessment of a Poultry Processing Plant**. In ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting. 2014, Montreal, Quebec Canada.
- LIMA, L. P. DE; RIBEIRO, G. B. D.; PEREZ, R. **The energy mix and energy efficiency analysis for Brazilian dairy industry**. Journal of Cleaner Production, Vol. 181, pp 209-216, 2018. DOI: < <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.221>>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- LUCIETTO, J. **Diagnóstico energético em uma indústria de embalagens plásticas: estudo de caso**. 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.
- LYUBCHIKOV, A. **Conception and implementation of energy controlling instruments according to ISO 50006:2014**. 2016. 56 f. Dissertação (Mestrado) – Faculty of Life Sciences, Hamburg University of Applied Sciences, Hamburg, 2016.
- MACHADO, R. L. P. **Boas práticas de armazenagem na indústria de alimentos**. Embrapa Agroindústria de Alimentos – Documentos, Embrapa, 2000. ISSN 1516-8247.
- MAMEDE, F. J. **Instalações elétricas industriais**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 3, de 17 de janeiro de 2000**. Confere o art. 83, inciso IV, do Regimento Interno da Secretaria, aprovado pela Portaria Ministerial nº 574, de 8 de dezembro de 1998, e considerando a necessidade de padronizar os Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário estabelecer os requisitos mínimos para a proteção dos animais de açougue e aves domésticas. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/bem-estar-animal/arquivos/arquivos-legislacao/in-03-de-2000.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2019.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regulamento técnico da Inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves Portaria DAS nº 210**. Publicado no Diário da União de 26 de nov. 1998.

- MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- MARTÍNEZ, C. I. P. **Analysis of energy efficiency development in the German and Colombian food industries**, International Journal of Energy Sector Management, Vol. 4, Issue: 1, pp.113-136, 2010. DOI: < <https://doi-org.ez10.periodicos.capes.gov.br/10.1108>>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- MCTIC - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Fatores de Emissão de CO2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil** - Ano Base 2017.
- MENDOZA, C. *et al.* **Línea de Base Energética en la implementación de la norma ISO 50001**. Estudios de casos. El Hombre y la Máquina No. 46 • Enero - Junio de 2015.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia prático: conceito e ferramentas de gestão e auditoria energéticas**. 1. ed. Brasília: MMA, 2015. 80 p.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Treinamento e capacitação para boas práticas de refrigeração em supermercados**. MMA: Brasília, 2014. Disponível em: < <http://boaspraticasrefrigeracao.com.br/upload/publicacao/publicacao-1661420169.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Eficiência Energética - PNEf**. Brasília. 2011. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/documents/10584/1256592/PNEf_-_Premissas_e_Dir._Basicas.pdf/8f0bdd00-0992-4c0f-8661-0d1225cb73cf?version=1.0>. Acesso em: 17 jun. 2017.
- NORDELO, A. B.; BONIFAZ, R. D. **Recomendaciones metodológicas para la implementación de sistemas de gestión de la energía según la norma ISO 50001**. Cienfuegos: Editorial UniversoSur, 2013. ISBN 978-959-257-360-4, 2013. 72 p.
- O'CALLAGHAN, P.W., PROBERT, S.D. **Energy management**, Applied Energy, Volume 3, Issue 2, 1977, Pages 127-138, ISSN 0306-2619, [https://doi.org/10.1016/0306-2619\(77\)90024-1](https://doi.org/10.1016/0306-2619(77)90024-1).
- OLIVEIRA, I. P. **Eficiência energética em sistemas de energia elétrica: um estudo de caso em uma indústria de lubrificantes**. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2015.
- ONUDI – ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. **Guía práctica para la implementación de un sistema de gestión de la energía**. Viena: ONUDI, 2015. Disponível em: <<https://open.unido.org/api/documents/4676845/download/UNIDO-Publication-2015-4676845>>. Acesso em: 05 nov. 2017.
- PEREIRA, V. de F. et al. **Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 30, n. 1, p. 158 - 165, 2010. ISSN 0101-2061. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000100024>.
- PESSOA, J.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Estado da arte em eficiência energética: iluminação e envoltória**. Florianópolis: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, 2013. 73 p.

PICCININI, M. S. **Conservação de energia na indústria: as políticas adotadas na época da crise energética**. Rio de Janeiro: Revista do BNDES, 1994. p. 153 – 182. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4661/1/Conserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20Energia%20na%20Ind%C3%BAstria_As%20Pol%C3%ADticas%20Adotadas%20na%20%C3%89poca%20da%20Crise%20Energ%C3%A9tica.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

PIMENTEL, F. **O fim da era do petróleo e a mudança do paradigma energético mundial: perspectivas e desafios para a atuação diplomática brasileira**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2011. 236 p.

PINTO, A. B. A. **A gestão de energia com a norma ISO 50001**. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.

POMBEIRO, H. M; SILVA, C. S. **Linear, Fuzzy and Neural Networks models for definition of baseline consumption**: Early findings from two test beds in a University Campus in Portugal. Science and Information Conference, p. 481-487, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org.ez10.periodicos.capes.gov.br/document/6918231/?arnumber=6918231&tag=1>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

PORTELA T. T. **Gestão de energia para a indústria frigorífica de aves – viabilidade técnica e econômica**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

PROCEL (2002). Manual de Iluminação Eficiente. PROCEL. 1ed. Brasil, 2002.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório de resultados do PROCEL 2014**: Ano base 2013. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório de resultados do PROCEL 2015**: Ano base 2014. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório de resultados do PROCEL 2016**: Ano base 2015. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório de resultados do PROCEL 2017**: Ano base 2016. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório de resultados do PROCEL 2018**: Ano base 2017. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

SANTOS, A. M et al. **Conservação de energia**: eficiência energética em equipamentos e instalações. 3. ed. Itajubá: ELETROBRÁS, 2006.

SOLA, A. V. H. et al. **Melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes industriais**. Production, v. 25, n. 3, p. 498-509, jul./set. 2015.

FIEDLER, T., MIRCEA, P. **Energy management systems according to the ISO 50001 standard — Challenges and benefits**, 2012 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), Craiova, 2012, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICATE.2012.6403411.

THERKELSEN, P.; MASANET, E.; WORRELL, E. **Energy efficiency opportunities in the U.S. commercial baking industry**. Journal of Food Engineering, Vol. 103, pp. 14-22, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.01.004>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

VENTURINI, O. J.; PIRANI, M. J. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 316 p.

VIANA, A. C. et al. **Eficiência Energética: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Campinas: ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A, 2012. 315 p.

VIANA, C. C. et al. **Auditoria energética: um potencial para redução dos custos na indústria**. In: XVII Congresso Brasileiro de Energia - XVII CBE, 2017, Rio de Janeiro. Planejamento Energético e Novas Tecnologias. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 2017. v. 17. p. 14-29.

VIANNA, L. G. V.; RAMOS, M. O. S.; PEREIRA, S. P. **Programa de conservação de energia elétrica, seus desdobramentos e necessidades para consolidação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. 7., 2010, São Paulo. Disponível em: <<http://cbem.com.br/wp-content/uploads/2011/12/Programa-de-Conservacao-de-Energia-Eletrica-seus-Desdobramentos-e-Necessidades-Para-Consolidacao.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2017.

WEG. **Consultoria para uso adequado da energia elétrica**. (2016)

WEG. **Soluções em eficiência energética**. (2015).

ZANIN, A. et al. **Métodos indiretos para adequação de força motriz em uma unidade compressora do sistema de refrigeração de um abatedouro de aves**. In: 4º Encontro de Energia no Meio Rural AGRENER 2002., Campinas, v. I, (2002b).

ZANIN, A. et al. **Perfil do consumo de energia elétrica no abate de frangos de corte - estudo de caso**. In: 4º Encontro de Energia no Meio Rural AGRENER 2002., Campinas, v. I, (2002a).

APÊNDICES

APÊNDICE A: Levantamento de Carga por Módulo Temático

- SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO:

Levantamento de carga dos compressores

Área	Qtd.	Potência		Potência Total (kW)	Tensão (V)	Tempo de operação mensal (h)	Consumo mensal (kWh)
		CV	kW				
Câmara frigorífica "01"	1	15	11,03	11,03	380	630	6950,16
Câmara frigorífica "02"	1	15	11,03	11,03	380	630	6948,9
Câmara frigorífica "03"	1	15	11,03	11,03	380	630	6950,16
Câmara frigorífica "04"	1	40	29,42	29,42	380	630	18534,6
Túnel de congelamento "01"	1	40	29,42	29,42	380	630	18534,6
Túnel de congelamento "02"	1	40	29,42	29,42	380	630	18534,6
Túnel de congelamento "03"	1	40	29,42	29,42	380	630	18534,6
Contêiner refrigerado "01"	1	7,5	5,516	5,52	380	630	3475,08
Contêiner refrigerado "02"	1	7,5	5,516	5,52	380	630	3475,08
Máquina de gelo	1	125	91,93	91,93	380	220	20224,6
Total	-	-	-	-	-	-	122162,38

Levantamento de carga dos evaporadores

Área	Qtd.	Potência (kW)	Tensão (V)	Tempo de operação mensal (h)	Consumo mensal (kWh)
Câmara frigorífica "01"	2	0,584	380	630	367,92
Câmara frigorífica "02"	2	0,584	380	630	367,92
Câmara frigorífica "03"	2	0,584	380	630	367,92
Câmara frigorífica "04"	2	0,584	380	630	367,92
Túnel de congelamento "01"	4	1,168	380	630	735,84
Túnel de congelamento "02"	6	1,752	380	630	1103,76
Túnel de congelamento "03"	6	1,752	380	630	1103,76
Contêiner refrigerado "01"	2	0,584	380	630	367,92
Contêiner refrigerado "02"	2	0,584	380	630	367,92
Total	-	-	-	-	5150,88

Levantamento de carga da iluminação

Área	Qtd.	Potência (kW)	Potência total (kW)	Tensão (V)	Tempo de operação mensal (h)	Consumo mensal (kW)
Câmara frigorífica "01"	2	0,045	0,09	220	220	19,8
Câmara frigorífica "02"	2	0,045	0,09	220	220	19,8
Câmara frigorífica "03"	2	0,045	0,09	220	220	19,8
Câmara frigorífica "04"	2	0,045	0,09	220	220	19,8
Túnel de congelamento "01"	2	0,05	0,1	220	220	22
Túnel de congelamento "02"	2	0,05	0,1	220	220	22
Túnel de congelamento "03"	2	0,05	0,1	220	220	22
Contêiner refrigerado "01"	1	0,045	0,045	220	220	9,9
Contêiner refrigerado "02"	1	0,045	0,045	220	220	9,9
Total	-	-	-	-	-	165

- AR COMPRIMIDO:

Levantamento de carga do sistema de ar comprimido

Equipamento	Qtd.	Potência		Potência Total (kW)	Tensão (V)	Tempo de operação mensal (h)	Consumo mensal (kWh)
		CV	kW				
Ar comprimido	2	3	2,2	4,4	380	220	968
Ar comprimido	1	2	1,47	1,47	380	220	323,4
Total	-	-	-	-	-	-	1291,4

- CONDICIONAMENTO DE AR:

Levantamento de carga do sistema de condicionamento de ar

Equipamento	Qtd.	Potência (kW)	Tensão (V)	Tempo de operação mensal (h)	Consumo mensal (kWh)
Ar condicionado Split	1	4,33	220	220	952,6
Total	-	-	-	-	952,6

- SISTEMA MOTRIZ:

Levantamento de carga do sistema motriz

Área	Qtd.	Potência		Nº de polos	Tensão (V)	Tempo de operação mensal (h)	Consumo mensal (kWh)
		CV	kW				
Estufa	1	15	11,03	4	380	220	2426,6
Embutidos	1	4	2,94	4	380	220	646,8
Embutidos	1	5	3,67	4	380	220	807,4
Embutidos	1	5	3,67	4	380	220	807,4
CMS	1	20	14,71	4	380	220	3236,2
Corte e embalagem	1	0,5	0,37	4	380	220	81,4
Corte e embalagem	1	0,5	0,37	4	380	220	81,4
Embutidos	1	5	3,67	2	380	220	807,4
CMS	1	7,5	5,51	4	380	220	1212,2
Embutidos	1	2	1,47	4	380	220	323,4
Embutidos	1	10	7,35	2	380	220	1617
Sala de temperos	2	3	2,2	2	380	220	968
Corte e embalagem	1	1	0,73	2	380	220	160,6
Corte e embalagem	1	5	3,67	2	380	220	807,4
Corte e embalagem	3	0,5	0,36	2	380	220	237,6
Sangria	1	2	1,47	2	380	220	323,4
Evisceração	1	2	1,47	2	380	220	323,4
Corte e embalagem	1	2	1,47	2	380	220	323,4
Corte e embalagem	1	1	0,73	2	380	220	160,6
Corte e embalagem	1	2	1,47	2	380	220	323,4
Corte e embalagem	1	1	0,73	2	380	220	160,6
Corte e embalagem	2	0,5	0,36	2	380	220	158,4
Sangria	4	2	1,47	2	380	220	1293,6
Sangria	2	1	0,73	2	380	220	321,2
Lavadora de caixas	1	3	2,2	2	380	220	968
Total	-	-	-	-	-	-	18576,8

- OUTROS USOS FINAIS:

Levantamento de carga de outros usos finais

Equipamento	Qtd.	Potência (kW)	Tensão (V)	Tempo de operação mensal (h)	Consumo mensal (kWh)
Balança de 5 kg	5	0,2	220	220	220
Balança de 30 kg	8	0,6	220	220	1056
Atoroador elétrico	1	3,5	220	220	770
Seladora automática	3	1	220	220	660
Total	-	-	-	-	2706

- SISTEMA DE ILUMINAÇÃO:

Levantamento de carga do sistema de iluminação

Área	Qtd.	Potência (kW)	Potência total (kW)	Tensão (V)	Tempo de operação mensal (h)	Consumo mensal (kW)
Hall de entrada	2	0,015	0,03	220	220	6,6
Sala de temperos	6	0,025	0,15	220	220	33
Sala de marinados	6	0,025	0,15	220	220	33
CMS	6	0,025	0,15	220	220	33
Circulação 01	8	0,025	0,2	220	220	44
Embutidos	12	0,025	0,3	220	220	66
Embutidos e estoque de embutidos	4	0,025	0,1	220	220	22
Corte e embalagens	24	0,025	0,6	220	220	132
Depósito de caixas	8	0,025	0,2	220	220	44
Expedição	6	0,025	0,15	220	220	33
Sala de embalagem primária	4	0,015	0,06	220	220	13,2
Controle de expedição	2	0,015	0,03	220	220	6,6
Depósito 01	2	0,015	0,03	220	220	6,6
Depósito 02	2	0,015	0,03	220	220	6,6
Antecâmara 01	4	0,025	0,1	220	220	22
Prateleiras	12	0,025	0,3	220	220	66
Lavagem de caixas	2	0,045	0,09	220	220	19,8
Evisceração	8	0,025	0,2	220	220	44
Escalda e depena	4	0,015	0,06	220	220	13,2
Túnel de sangria	2	0,015	0,03	220	220	6,6
Sangria	2	0,015	0,03	220	220	6,6
Expurgos e penas	4	0,015	0,06	220	220	13,2
Plataforma de recepção	6	0,025	0,15	220	220	33
Circulação 02	6	0,025	0,15	220	220	33
Circulação 03	6	0,025	0,15	220	220	33
Sanitário	2	0,015	0,03	220	220	6,6
Total	150	-	-	-	-	776,6

APÊNDICE B: Consumo de Eletricidade e Produção Mensal

Consumo mensal de energia elétrica por contrato e produção por peso abatido

Mês	Sala de Máquinas (kWh)	Frigorífico e Outros Módulos (kWh)	Galpões de Criação (kWh)	Consumo Total (kWh)	Peso abatido (kg)
Janeiro/16	91460,9	44560,0	34638,4	170659,3	666836
Fevereiro/16	92151,4	47530,9	32158,8	171841,1	669812
Março/16	103293,7	55958,9	30333,4	189586,1	674695
Abril/16	94607,5	45782,9	28706,6	169097,0	617958
Mai/16	116228,6	46741,3	21124,8	184094,8	734335
Junho/16	119361,4	49844,4	20675,5	189881,3	694782
Julho/16	103437,5	38729,7	15329,1	157496,3	675634
Agosto/16	113824,5	42330,1	13721,9	169876,5	630600
Setembro/16	116301,8	45010,4	15019,1	176331,4	582097
Outubro/16	120649,1	44720,3	17595,6	182964,9	623636
Novembro/16	133199,7	49463,1	21925,2	204587,9	615710
Dezembro/16	124202,7	46731,4	25784,1	196718,2	599580
Janeiro/17	120089,1	45405,2	21557,8	187052,0	573010
Fevereiro/17	106454,3	40836,1	26978,0	174268,3	530890
Março/17	131427,9	46308,3	18151,5	195887,7	641860
Abril/17	124181,3	43028,8	25730,0	192940,1	580970
Mai/17	125918,9	41721,6	23734,1	191374,5	648890
Junho/17	131312,0	45098,3	20324,5	196734,9	634510
Julho/17	117420,5	40719,5	15481,6	173621,6	585210
Agosto/17	118602,8	40509,6	13564,4	172676,9	645470
Setembro/17	114987,9	39936,4	15906,4	170830,7	592620
Outubro/17	108486,0	44228,0	14669,8	167383,8	601970
Novembro/17	117325,6	50845,0	19371,7	187542,3	609004
Dezembro/17	109405,4	47266,4	23179,8	179851,6	598200
Total	2754330,4	1083306,7	515661,9	4353299,0	15028279
Média	114763,8	45137,8	21485,9	181387,5	626178,3

APÊNDICE C: Detalhamento da Análise de Carregamento dos Motores

Dados da placa, medição de corrente e carregamento dos motores

Área	Motores	Qtd.	Potência (CV)	(rpm)	Nº de polos	Corrente nominal (A)	Corrente de trabalho (A)	Carregamento (%)
Estufa	1	1	15	1760	4	20	18,6	87,00
Embutidos	2	1	4	1725	4	6,77	5,87	69,94
Embutidos	3	1	5	1750	4	8,19	7,05	69,38
Embutidos	4	1	5	1725	4	8,19	6,94	66,74
CMS	5	1	20	1770	4	14	12,9	85,91
Corte e embalagem	6	1	0,5	1750	4	1,87	1,7	67,36
Corte e embalagem	7	1	0,5	1750	4	1,87	1,79	84,72
Embutidos	8	1	5	3505	2	6,37	5,96	88,62
CMS	9	1	7,5	3515	2	15,8	13,54	75,89
Embutidos	10	1	2	1750	4	3,35	3,2	88,42
Embutidos	11	1	10	3530	2	15,7	14,95	92,23
Sala de temperos	12 e 13	2	3	1750	4	4,74	4,1	67,49
Corte e embalagem	14	1	1	1750	4	1,02	0,95	79,37
Corte e embalagem	15	1	5	1750	4	6,37	6,01	87,64
Corte e embalagem	16, 17 e 18	3	0,5	1750	4	1,87	1,61	49,83
Sangria	19	1	2	1750	4	3,47	2,67	39,54
Evisceração	20	1	2	1750	4	3,47	2,5	26,41
Corte e embalagem	21	1	2	1750	4	3,47	2,57	31,83
Corte e embalagem	22	1	1	1750	4	1,75	1,43	44,47
Corte e embalagem	23	1	2	1750	4	3,2	3,1	91,93
Corte e embalagem	24	1	1	1750	4	3,2	3,05	85,94
Corte e embalagem	25 e 26	2	0,5	1750	4	1,08	0,98	66,75
Sangria	27, 28, 29 e 30	4	2	1750	4	3,47	2,82	51,04
Sangria	31 e 32	2	1	1750	4	1,75	1,54	63,76
Lavagem de caixas	33	1	3	1750	4	4,74	4,12	68,52

APÊNDICE D: Exemplo do cálculo de carga térmica

- CÂMARA FRIGORÍFICA “01”

Parâmetros da estrutura:

Altura = 4 m;

Comprimento = 10,1 m;

Largura = 4,55 m;

Área = 45,96 m²;

Volume = 183,8 m³;

Função da câmara frigorífica = Resfriamento.

Parâmetros de temperatura:

Temperatura externa = 32°C;

Temperatura interna = 0°C;

Temperatura ar = 25°C;

Temperatura produto = 5°C.

Carga térmica devido à transmissão de calor:

Conforme as Equações 2 e 3:

$$Q_{\text{parede1,3}} = 2 \times (10,1 \times 4 \times 157) = 12\,685,6 \text{ kcal/24h}$$

$$Q_{\text{parede2,4}} = 2 \times (4,55 \times 4 \times 157) = 5\,714,8 \text{ kcal/24h}$$

$$Q_{\text{piso e teto}} = 2 \times (4,55 \times 10,1 \times 157) = 14\,429,9 \text{ kcal/24h}$$

Conforme a Equação 4:

$$Q_{\text{transmissão}} = 32830,3 \text{ kcal/24h}$$

Carga térmica devido à infiltração do ar externo:

Conforme Equação 5:

$$Q_{\text{infiltração}} = 183,8 \times 4,5 \times 24,7 = 20\,431,6 \text{ kcal/24h}$$

Carga térmica devido aos produtos:

Conforme Equação 6:

$$Q_{\text{produto}} = 24000 \times 0,79 \times (5 - 0) = 94\,800 \text{ kcal/24h}$$

Carga térmica devido à ocupação de pessoas:

Conforme Equação 10:

$$Q_{\text{ocupação}} = 2 \times 233 \times 3 = 1\,398 \text{ kcal/24h}$$

Carga térmica devido à iluminação:

Conforme Equação 11:

$$P_{\text{iluminação}} = 45 \times 2 \times 0,86 \times 3 = 232,2 \text{ kcal/24h}$$

Carga térmica devido à motores:

Conforme Equação 12:

$$Q_{\text{motor}} = 1 \times 2 \times 632,41 = 1\,246,82 \text{ kcal/24h}$$

Carga térmica total:

Conforme Equação 13 e considerando 16 horas de operação:

$$Q_{\text{total}} = 10\,377,0 \text{ kcal/h} \approx 12,07 \text{ kW}$$

APÊNDICE E: Detalhamento da Matriz de Decisão ou Priorização

	Potencial de redução do consumo de energia		Investimento	Potencial de redução do consumo de energia total estimado				Potencial na redução dos custos				Investimento				Exigência da Portaria SDA/MAPA/210/1998				Pontuação total
	kWh/ano	R\$/ano	R\$	A	M	B	Pontuação	A	M	B	Pontuação	A	M	B	Pontuação	A	M	B	Pontuação	
Oportunidades																				
A: Adequações no sistema de refrigeração	255 280	R\$ 78.826,00	R\$ 151.777,50	x			6	x			6	x			2			x	2	144
B: Substituição dos motores	18 211,1	R\$ 5.100,00	R\$ 31.600,00			x	2		x		4		x		4			x	2	64
C: Adequação do condicionamento de ar	-8 3020	-R\$ 13.245,00	R\$ 49.740,00			x	2			x	2		x		4	x			10	160
D: Adequação da iluminação	-7 420	-R\$ 2.080,00	R\$ 10.350,00			x	2			x	2			x	6			x	2	48
E: Melhor acompanhamento das contas de energia	-	R\$ 22.000,00	-			x	2		x		4			x	6			x	2	96
Potencial de redução do consumo de energia definidos como:																				
(A) Altos: se > 100 000 kWh (M) Médios: se > 20 000 kWh e <100 000 kWh (B) Baixos: se < 20 000 kWh																				
Potencial de redução dos custos de energia definidos como:																				
(A) Altos: se > R\$ 60 000,00 (M) Médios: se > R\$ 20 000,00 e < R\$60 000,00 (B) Baixos: se < R\$ 20 000,00																				
Investimento definido como:																				
(A) Altos: se > R\$ 100 000,00 (M) Médios: se > R\$ 20 000,00 e < R\$ 100 000,00 (B) Baixos: se < R\$ 20 000,00																				
Exigência da Portaria SDA/MAPA/210/1998 definido como:																				
(A) Altos: se gera multa (B) Baixos: não gera multa																				
Critérios de pontuação																				
	Redução de energia	Redução do custo	Investimento	Exigência da Portaria SDA/MAPA/210/1998																
Alto	6	6	2	10																
Médio	4	4	4	-																
Baixo	2	2	6	2																

ANEXOS

ANEXO A: Fatores para cálculo de carga térmica

Fatores de dispersão de calor em função do isolamento (kcal/m²/24h)

Material	EPS (Isopor)					Poliuretano (Placa)			Poliuretano (Painel)			
	50	75	100	150	200	50	75	100	50	75	100	
DT em °C entre temperatur a externa e interna	1	14	9,5	7,2	4,8	3,6	9,5	6,4	4,8	8,3	5,5	4,2
	10	143	95	72	48	36	95	64	48	83	55	42
	15	215	143	107	72	54	143	95	72	125	83	62
	20	286	191	143	95	72	191	127	95	166	111	83
	23	326	220	165	110	82	220	146	110	191	128	96
	25	358	239	179	119	89	239	159	119	208	139	104
	28	401	267	200	134	100	267	178	134	233	155	116
	30	429	286	215	143	107	286	191	143	250	166	125
	33	472	315	236	157	118	315	210	157	275	183	137
	35	501	334	251	167	125	334	223	167	291	194	140
	38	544	363	272	181	136	363	242	181	316	211	158
	40	573	382	286	191	143	382	255	191	333	222	166
	43	616	410	308	205	154	410	274	205	358	238	179
	45	644	429	332	215	161	429	286	215	374	250	187
	48	687	458	344	229	172	458	305	229	399	266	200
	50	716	477	358	239	179	477	318	239	416	277	208
	53	759	506	379	253	190	506	337	253	441	294	220
	55	787	525	394	262	197	525	350	262	458	305	229
	58	830	554	415	277	208	554	369	277	483	322	241
	60	859	573	429	286	215	573	382	286	499	333	250
63	902	600	451	300	225	600	401	300	524	349	262	
65	931	620	465	310	233	620	414	310	541	361	270	
68	974	650	481	351	243	650	433	335	566	377	283	
70	1000	668	500	335	250	668	445	351	582	388	290	

Fonte: Tecumseh, 2014.

Calor de ocupação (kcal/h)

Temperatura da câmara (°C)	Calor equivalente por pessoa (kcal/h)
10	181
5	208
0	233
-5	258
-10	279
-15	313
-20	338
-25	358

Fonte: Tecumseh, 2014.

Troca de ar/24h por abertura de porta e infiltração

Câmara de conversão com temperatura > 0°C				Câmara de conversão com temperatura < 0°C			
Vol. (m³)	Nº troca de ar (24h)	Vol. (m³)	Nº troca de ar (24h)	Vol. (m³)	Nº troca de ar (24h)	Vol. (m³)	Nº troca de ar (24h)
5	47	200	6	5	36	200	4,5
7	39	300	5	7	30	300	3,7
10	32	400	4,1	10	24	400	3,2
15	26	500	3,6	15	20	500	2,8
20	22	700	3	20	17	700	2,3
25	19	1000	2,5	25	15	1000	1,9
30	17	1200	2,2	30	13	1200	1,7
40	15	1500	2	40	11	1500	1,5
50	13	2000	1,7	50	10	2000	1,3
60	12	3000	1,4	60	9	3000	1,1
80	10	4000	1,2	80	8	4000	1,1
100	9	5000	1,1	100	7	5000	1
125	8	10000	0,95	125	6	10000	0,8
150	7	15000	0,9	150	5,5	15000	0,8

Fonte: Tecumseh, 2014.

Calor necessário para resfriar o ar externo até a temperatura da câmara (kcal/m³) – Parte 1

Temp. câmara em °C	Condições externas (temperatura bulbo seco e umidade relativa)								
	15°C			20°C			25°C		
	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%
10	0,2	1	1,8	2,9	4	5,1	6	7,4	8,9
5	2,7	3,5	4,3	5,5	6,6	7,7	8,6	10	11,7
0	5,4	6,2	7	8,1	9,3	10,5	11,4	13	14,5
-5	8	8,8	9,7	10,8	12	13,2	14,1	16	17,3
-10	10,2	11,1	12	13,1	14,3	15,5	16,5	18	19,7
-15	12,7	13,5	14,4	15,6	16,8	18,1	19	21	22,3
-20	14,8	15,7	16,6	17,9	19,1	20,4	21,3	23	24,7
-25	17	17,9	18,8	20,1	21,3	22,6	23,6	25	27
-30	19,2	20,2	21,1	22,4	23,7	25	26	28	29,5
-35	21,6	22,5	23,5	24,8	26,1	27,4	28,5	30	32
-40	23,8	24,8	25,8	27,1	28,5	29,8	30,9	33	34,5

Fonte: Tecumseh, 2014.

Calor necessário para resfriar o ar externo até a temperatura da câmara (kcal/m³) – Parte 2

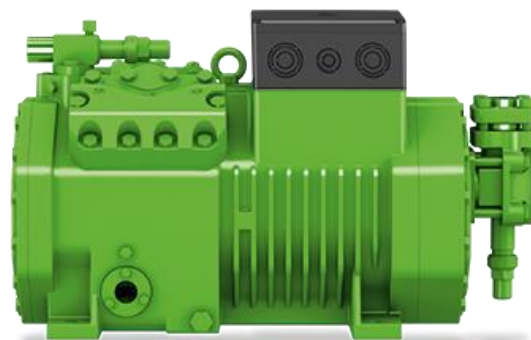
Temp. câmara em °C	Condições externas (temperatura bulbo seco e umidade relativa)								
	30°C			35°C			40°C		
	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%
10	9,5	11,5	13,6	13,6	16,5	19,2	18,7	22,3	26
5	12,3	14,4	16,5	16,5	19,4	22,2	21,7	25,4	29,2
0	15,1	17,2	19,4	19,4	25,2	24,7	27,7	28,4	32,3
-5	18	20,1	22,3	22,3	25,3	28,2	28,7	31,5	35,5
-10	20,4	22,5	24,8	24,8	27,9	30,8	30,3	34,2	38,2
-15	23	25,2	27,5	27,5	30,7	33,7	33,2	37,1	41,2
-20	25,4	27,6	30	30	33,2	36,3	35,7	39,8	43,9
-25	27,7	30	32,4	32,4	35,7	38,8	38,3	42,4	46,7
-30	30,2	32,5	35	35	38,4	41,6	41	45,2	49,5
-35	32,8	35,1	37,7	37,7	41,1	44,3	43,7	48	52,5
-40	35	33,7	40,3	40,3	43,8	47,1	46,5	50,9	55,4

Fonte: Tecumseh, 2014.

ANEXO B: Equipamentos Propostos

- Compressores Bitzer New Ecoline:

Compressores semi-herméticos robustos e potentes, combinam alta eficiência, bom funcionamento, ampla gama de aplicações, flexibilidade na seleção do fluido refrigerante e alta confiabilidade.



Características:

- Alta capacidade de refrigeração com requisitos mínimos de energia;
- Eficiente sob carga total e parcial, sendo compatível ao uso de inversores de frequência;
- Compatível com as versões anteriores de compressores da marca Bitzer;

Especificações técnicas:

Bitzer New Ecoline 4EES – 4Y	Bitzer New Ecoline 4CES – 6Y	Bitzer New Ecoline 4GE – 23Y
Capacidade frigorífica: 12,78 kW;	Capacidade frigorífica: 18,63	Capacidade frigorífica: 49,8
Potência absorvida: 5,55 kW;	kW;	kW;
Corrente (380 V): 9,59 A;	Potência absorvida: 7,95 kW;	Potência absorvida: 21,0 kW;
Faixa de tensão: 360 – 400 V;	Corrente (380 V): 14,15 A;	Corrente (380 V): 35,6 A;
COP/EER: 2,30;	Faixa de tensão: 360 – 400 V;	Faixa de tensão: 360 – 400 A;
Vazão em massa: 295 kg/h.	COP/ERR: 2,34;	COP/EER: 2,37;
	Vazão em massa: 430 kg/h.	Vazão em massa: 1 148 kg/h.

- Termostato digital STC 1000

Termostato digital ideal para acionamento de equipamentos do sistema de refrigeração de câmaras frigoríficas.

Especificações técnicas:

- Medição: - 50° ~ 99°C;



- Resolução: 0,1° C (- 50° ~ 99°C);
- Precisão: ± 1° C (- 50° ~ 70°C);
- Tensão de funcionamento: 110 ~ 220 AC bivolt;
- Corrente nominal: 10 A;
- Consumo de energia: 3 W;
- Sensor: NTC

Itens incorporados ao produto:

- Controlador de temperatura MH 1210W;
- Sensor de temperatura;

- Lâmpadas Bulbo LED Empalux – 50 W

Lâmpada LED de alta potência 50W, marca Empalux, modelo AL50662.



Especificações técnicas:

- Tecnologia de iluminação: LED;
- Potência: 50 W;
- Tipo de soquete: E27;
- Forma: Bulbo;
- Tensão: Bivolt;
- Fluxo luminoso: 5 000 lúmens;
- Eficiência luminosa: 100 lm/W;
- Fator de potência: > 0,92;
- IRC: > 80%;
- Base: E27;
- Vida útil: 25 000 horas;
- Temperatura de cor: 6 500 K luz branca.

- Motores Weg W22 IR3 Premium Trifásico

Os motores W22 IR3 possuem níveis de rendimento superiores, promovem redução do consumo de energia, oferecem ótima relação custo-benefício e, conseqüentemente, maior produtividade e gastos reduzidos para indústria.



Características:

- Motores que supera em um nível os rendimentos mínimos exigidos pela legislação vigente;
- Fácil implantação;

Especificações técnicas:

- Motor de indução trifásico;
- Grau de proteção: IP 55;
- Carcaças: 63 a 355^a/B;
- Polaridade: 2, 4, 6 e 8 polos;
- Tensão: 220 / 380 V;
- Frequência: 60 Hz;
- Fator de serviço: 1,25.

- Unidade Condensadora Danfoss Compact Line:

As unidades condensadoras herméticas Compact Line são equipadas com os compressores herméticos Danfoss e podem ser utilizadas em aplicações de baixa, média e alta temperatura de evaporação.



Características:

- Condensadores dimensionados para operar em ambientes com temperaturas elevadas;
- Ventiladores e motores especificamente projetados, combinados com a serpentina, obtendo máxima capacidade de rejeição de calor;

- Motores fechados e protegidos, garantindo aplicações em ambientes úmidos e de grande diversidade de sujeira;
- Compressores e tubulações especificamente montados de forma a obter maior eficiência energética e minimizar vibrações;
- Unidades com dimensões compactas, facilitando a instalação em locais com pouco espaço físico;
- Rápida instalação e manutenção mais simples;
- Unidades compatíveis para aplicações com R-22, R-134a, R-404A e R-402B.

Especificações técnicas:

HCM/HCZ 064:	HCM/HCZ 044:
Alta e média temperatura de evaporação;	Alta e média temperatura de evaporação;
Potência: 5 ½ HP;	Potência: 4 HP;
Modelo do compressor: MT/MTZ 64;	Modelo do compressor: MT/MTZ 44;
Volume descolado: 22,6 m³/h;	Volume descolado: 16 m³/h;
Capacidade de refrigeração (R22): 18 208 kcal/h;	Capacidade de refrigeração (R22): 13 702 kcal/h;
Potência absorvida (R22): 6,7 kW;	Potência absorvida (R22): 4,4 kW;
Corrente máxima de serviço do compressor (230 V / 3F): 29,0 A;	Corrente máxima de serviço do compressor (230 V / 3F): 22,0 A;
Corrente de rotor bloqueado do compressor (230 V / 3F): 137,0 A;	Corrente de rotor bloqueado do compressor (230 V / 3F): 115,0 A;
Corrente nominal do ventilador: 2,2 A;	Corrente nominal do ventilador: 2,2 A;
Potência consumida do ventilador: 450 W;	Potência consumida do ventilador: 450 W;

- EVAPORADOR TRIVENA:

Ideal para câmaras frigoríficas comerciais e de supermercados, para conservação de alimentos resfriados ou congelados, expositores tipo *walk-in cooler*, antecâmaras e sala de preparo.



Características:

- Gabinete em alumínio liso;
- Sistema de degelo composto por dois pares de resistência traseira e um par de resistência na bandeja;

- Bandeja removível para acesso a resistência de bandeja e manutenção;
- Motoventiladores monofásicos de 65W com hélices de 254mm e grau de proteção IP54 com graxa anti-congelante;
- Ligações elétricas para os motores e resistências interna ao gabinete;
- Fácil acesso a motores e resistências de degelo;
- Flecha de ar de 11 metros com velocidade final de 0,25m/s;
- Motoventiladores com protetor térmico interno.

Especificações técnicas:

Trivena TRNA 451:

- Vazão de ar: 5 000 m³/h;
- Capacidade de evaporação (+10): 6 938 kcal/h;
- Degelo: Degelo a ar;
- Espaço entre aletas: 4 aletas por polegada;
- Quantidade de motores: 5 motores com protetor térmico e anti spark;
- Potência dos motores: 325 W;
- Quantidade de serpentina: 2 serpentinas;
- Potência: 5,4 kW.

- LUMINÁRIAS HERMÉTICA OUROLUX

Luminária de sobrepor em policarbonato, ideal para iluminação de iluminação, hospitais, cozinhas, garagens, entre outros.



Características:

- Fechamento hermético;
- A prova d'água, poeira e maresia;
- Facilmente retirada e reinstalada.

Especificações técnicas:

- Grau de proteção: IP65;
- Tipo de luminária de teto: Plafon;
- Comprimento: 120 cm;

- Quantidade de lâmpadas: 2 lâmpadas;
- Compatível com lâmpadas T5, T8, T10 e T10, nas potências 14W, 16W, 18W, 20W, 32W, 36W, 40W e 54W.

- LÂMPADAS TUBO LED INTRAL – 18 W E 32 W

Lâmpadas Tubo LED, marca Intral, ideal para aplicações residenciais, comerciais e industriais.



Características:

- Difusor em policarbonato para controle de ofuscamento e com distribuição de luz uniforme;
- Não emite infravermelho e ultravioleta;
- Utiliza LED de alta eficiência, que garante alto desempenho e uniformidade de luz;
- Utilizam LED com certificação LM80;
- Excelente gerenciamento térmico que garante a vida útil da lâmpada.

Especificações Técnicas:

Lâmpada Tubo LED – 18 W	Lâmpada Tubo LED – 32 W
Modelo: BL-108 HF 18 W;	Modelo: LÂMP. LED TUBO T5 EQ54
Vida útil: Superior a 25 000 horas;	Vida útil: Superior a 40 000 horas;
Grau de proteção: IP 40;	Grau de proteção: IP 40;
Fluxo luminoso: 2 100 lm;	Fluxo luminoso: 3 600 lm;
Temperatura de cor: 6 000 K;	Temperatura de cor: 6 000 K;
Tipo de cor: Branco frio;	Tipo de cor: Branco frio;
Eficiência: 116 lm/W;	Eficiência: 105 lm/W;
Potência: 18 W;	Potência: 32 W.
Tensão: 127 – 220 V;	Tensão: 127 – 220 V;
Fator de potência: 0,95.	Fator de potência: 0,95.

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>

