

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

TARLIS TORTELLI PORTELA

**GESTÃO DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE  
AVES - VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2015

TARLIS TORTELLI PORTELA

**GESTÃO DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE  
AVES - VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do grau de “Mestre em Ciências” – Área de Concentração: Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Jean-Marc Stephane  
Lafay

**PATO BRANCO**

**2015**

### Dados Internacionais de Catalogação

<p><b>P843g</b> Portela, Tarlis Tortelli Gestão de energia para a indústria frigorífica de aves – viabilidade técnica e econômica / Tarlis Tortelli Portela. - 2015. 114 f. : il. ; 30 cm.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Pato Branco, 2015. Bibliografia: f. 89 – 93.</p> <p>1. Energia elétrica - produção 2. Eficiência Energética I. Lafay, Jean-Marc Stephane, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.</p> <p style="text-align: right;"><b>CDD 22. ed.: 621.3</b></p>
--



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Pato Branco  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica



## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 038

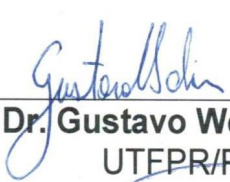
### GESTÃO DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE AVES – VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

por

**Tarlis Tortelli Portela**


Dissertação apresentada às nove horas do dia dezoito de agosto de dois mil e quinze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (Área de Concentração: Sistemas e Processamento de Energia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Gustavo Weber Denardin**  
UTFPR/PB

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Donizetti de Lima**  
UTFPR/PB

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza**  
UNIOESTE/CAC

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Ricardo Vasques de Oliveira**  
Coordenador do PPGEE

À meus pais Valério e Antonieta e minha irmã Saura, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim Aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro melhora tudo o que tenho produzido na vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os professores por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional. Pelo tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. Ao Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho. A palavra mestre nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Agradeço aos pesquisadores e professores da banca examinadora pela atenção e contribuições dedicadas a este estudo.

Meus agradecimentos as amigas Giliane e Claudinéia, companheiras de trabalhos e irmãs na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

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

Energia é uma questão estratégica para a indústria, sociedade, economia e segurança nacional. A eficiência e a gestão da energia estão em foco em um cenário mundial. Diversas políticas especialmente criadas para a eficiência energética (EE), procura por fontes renováveis de energia e produção mais limpa, estão se desenvolvendo. A literatura apresenta poucas informações concretas que promovam o comprometimento das organizações com tais políticas. As organizações brasileiras não estão bem apoiadas neste aspecto, o país carece de uma política nacional que promova o uso eficiente de energia. A indústria frigorífica tem poucas informações para comparar o seu desempenho energético no país e, muitas vezes, não conhecem as ações que podem tomar. Nem, por vezes, estabelecem critérios de avaliação de seu desempenho e metas de melhorias. Comparando dois frigoríficos locais, nota-se um desempenho 218,33% inferior de um em relação à outro para a produção do mesmo produto. Para isso, a gestão da EE parte da avaliação de desempenho por meio de indicadores. Neste contexto, o desenvolvimento de indicadores e identificação de tecnologias para monitoramento das condições de EE, podem habilitar tais indústrias no estabelecimento de linhas de base energética com a finalidade de comparação do seu desempenho ao longo do tempo. O trabalho, também, dedica-se a especificar um conjunto de ferramentas de análise da viabilidade econômica de um sistema de monitoramento da EE baseado nos indicadores propostos com o intuito de promover a adoção de sistemas de gestão de energia pelas indústrias. Por isso, análises de investimentos são necessárias e investimentos em sistemas de monitoramento da EE apresentam plausibilidade de retorno do investimento em frigoríficos de médio porte, quando possibilitar a geração de 5% de economia nos custos de energia elétrica. Contudo, uma boa confiabilidade em análises econômicas pode ser atingida em estudos de caso que considerem as necessidades específicas de cada instituição. E, não obstante, a simples criação de um sistema de monitoria da EE não é capaz de gerar economia, mas sim outros investimentos em melhorias dos processos industriais. Finalmente, este trabalho visa auxiliar as indústrias a desenvolverem seus indicadores de desempenho energético e avaliar os investimentos na criação de sistemas de gestão da EE.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética, Indicadores de Desempenho Energético, Tecnologias, Viabilidade Econômica.

## ABSTRACT

PORTELA, Tarlis Tortelli. POULTRY SLAUGHTERHOUSES ENERGY MANAGEMENT: TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY. 115 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

Energy is a strategic issue for industry, society, economy and national security. The efficiency and power management are in focus on a world stage. Several policies specially designed for energy efficiency, demand for renewable energy and cleaner production are in development. The literature shows little concrete information to promote commitment of organizations with such policies. Brazilian organizations are not well supported in this aspect, the country lacks a national policy that promotes efficient energy use. The chicken slaughterhouse industry has few information to compare its energy performance with others and often do not know the actions they can take. Nor they establish criteria for evaluating their performance and improvement goals. Comparing two local industries, shows performance 218.33% lower of one to the other for processing the same product. For that, the management of energy efficiency (EE) starts in performance evaluation through indicators. In this context, the development of these indicators and identification of technologies for monitoring EE conditions may enable these industries to establish energy baselines to compare its performance over time. The work also dedicates to specify a set of economic feasibility analysis tools of an EE monitoring system based on the proposed indicators in order to promote the adoption of energy management systems (EMS) by industries. Thus, investment analysis are required and EMS in medium slaughterhouse industries shows plausible investment return when generation of 5% savings in electricity costs are possible. However, good reliability in economic analysis of an EMS can be reached in case studies that consider the specific needs of each institution. And yet, the mere creation of an EE monitoring system is unable to generate savings, but other investments in improvements of industrial processes can. Finally, this paper aims to help industries develop their energy performance indicators and evaluating investments in the creation of EMS.

**Keywords:** Energy Efficiency, Energy Indicators, Technologies, Economic Feasibility.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– Consumo final de energia por fonte .....	20
FIGURA 2	– Participação de fontes renováveis na produção de energia primária .....	20
FIGURA 3	– Matriz Energética Brasileira .....	21
FIGURA 4	– Estratégia de maior importância das indústrias Paranaenses para 2012 ..	21
FIGURA 5	– Para onde irão os investimentos das indústrias paranaenses .....	22
FIGURA 6	– Situação competitiva das indústrias paranaenses .....	22
FIGURA 7	– Adoção de processos de produção amigáveis ao meio ambiente .....	23
FIGURA 8	– <i>Ranking</i> de aves abatidas no primeiro trimestre de 2015 .....	24
FIGURA 9	– Produção de carne de aves por país .....	25
FIGURA 10	– Contribuição da eficiência energética para os três aspectos fundamentais da manufatura sustentável .....	33
FIGURA 11	– Gestão de energia na produção .....	34
FIGURA 12	– Metodologia de melhoria contínua <i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA) .....	36
FIGURA 13	– Diagrama conceitual do processo de planejamento energético .....	37
FIGURA 14	– Esquema de um sistema de refrigeração industrial .....	43
FIGURA 15	– Ciclo do sistema de refrigeração .....	44
FIGURA 16	– Fluxograma representativo dos métodos .....	57
FIGURA 17	– Esquema simplificado do sistema de refrigeração e pontos de medição de temperatura e pressão .....	60
FIGURA 18	– Fatores que afetam a EE do setor de refrigeração .....	66
FIGURA 19	– Fluxo da eletricidade em abatedouros de aves .....	76
FIGURA 20	– Tela do ranking de eficiência energética .....	85
FIGURA 21	– Tela de análise de indicadores econômicos do investimento .....	86

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	–	Motivadores e mecanismos para desencorajar a não conformidade	28
QUADRO 2	–	Ações para a eficiência energética	30
QUADRO 3	–	Lista de softwares de análise para sistemas de produção e uso de energia	40
QUADRO 4	–	Resumo dos principais indicadores financeiros	56
QUADRO 5	–	Relação de indicadores propostos e fatores que podem afetar a EE do ciclo de refrigeração	74
QUADRO 6	–	Fabricantes de equipamentos para a Indústria frigorífica	75

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	– Indicadores mínimos para avaliação da eficiência energética .....	67
TABELA 2	– Indicadores de desempenho do ciclo de refrigeração .....	69
TABELA 3	– Tecnologias de sensoriamento de temperatura .....	77
TABELA 4	– Tecnologias de sensoriamento de pressão .....	77
TABELA 5	– Sistemas de aquisição de dados .....	78
TABELA 6	– Configuração dos cenários de implantação .....	79
TABELA 7	– Custos de implantação de sistemas de monitoramento da EE, por cenário .	80
TABELA 8	– Projeção de payback simulando uma escala de economia mensal de energia entre 1% e 10% .....	81
TABELA 9	– Projeção de TIR simulando uma escala de economia mensal de energia entre 1% e 10% .....	82
TABELA 10	– Indicadores econômicos para o Cenário 1 .....	82
TABELA 11	– Indicadores econômicos para o Cenário 2 .....	82
TABELA 12	– Indicadores econômicos para o Cenário 3 .....	83
TABELA 13	– Indicadores econômicos para o Cenário 4 .....	83

## LISTA DE SIGLAS

AEC	<i>Absolute Energy Consumption</i> , Consumo Absoluto de Energia
ACES	<i>The American Clean Energy and Security Act</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AS	<i>Annual Savings</i> , Economia Anual
AUC	<i>Annual Unit Cost</i> , Custo Unitário Anual
AV	Acordos Voluntários
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CERES	<i>Combined Efficiency and Renewable Electricity Standard</i>
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNP	Certificado Negociável de Poluição
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COP	<i>Coefficient Of Performance</i> , Coeficiente de Desempenho do Ciclo
CRM	<i>Client Relationship Management</i> , Sistema de Gestão de Relacionamentos com Clientes
ECC	<i>Energy Consumption Cost</i> , Valor Consumido de Energia
ECM	<i>Energy Consumption Medium</i> , Média de Consumo de Energia
EE	Eficiência Energética
EI	<i>Energy Efficiency Indicator</i> , Indicador de Eficiência Energética
ER	Energia Renovável
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ESP	<i>Energy Savings Potencial</i> , Potencial de Economia de Energia
FC	Fluxo de Caixa
FCL	Fluxo de Caixa Livre
FIEP	Federação das Indústrias do Estado do Paraná
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GEE	Gases do Efeito Estufa
GFV	<i>Generated Financial Value</i> , Valor Financeiro Gerado
HOMER	<i>Hybrid Optimization Model for Electric Renewables</i>
IAC	<i>Industrial Assessment Centres</i>
IBC	Índice de Benefício/Custo (indicador financeiro)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Indicador de Desempenho Energético
IEA	International Energy Agency
LEAP	<i>Long Range Energy Alternatives Planning System</i> , Sistema de Planejamento de Energias Alternativas de Longo Prazo
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PDE	Plano Decenal de Energia
PFE	Programa para Eficiência Energética da Suíça

PIB	Produto Interno Bruto
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i> , Sistema de Gestão do Ciclo de Vida de Produtos
PME	Programa de Mobilização Energética
PROESCO	Apoio a Projetos de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
ROI	<i>Return On Investment</i> , Retorno sobre o Investimento
ROIA	<i>Return On Investment Analysis</i> , Retorno Adicional sobre o Investimento
SAD	Sistema de Aquisição de Dados
SAVEPI	Sistemática de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento
SEC	<i>Specific Energy Consumption</i> , Consumo Específico ou Setorial de Energia
SEI	<i>Stockholm Environment Institute</i>
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SGE	Sistema de Gerenciamento Energético
SP	<i>Savings Potencial</i> , Potencial de Economia
TEC	<i>Total Energy Consumption</i> , Consumo Total de Energia
TED	<i>Technology and Environmental Database</i>
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa de Mínima Atratividade
TR	Tonelada de Refrigeração
UCe	<i>Energy Unit Cost</i> , Gasto Energético por Unidade
UCm	<i>Monetary Unit Cost</i> , Gasto por Unidade
US EPA	<i>The US Environmental Protection Agency</i>
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
VPLA	Valor Presente Líquido Anualizado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
2.1 NOTA HISTÓRICA	17
2.2 VISÃO GERAL	19
2.3 VISÃO DA INDÚSTRIA	21
2.4 PRODUÇÃO E ENERGIA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	22
2.5 MAPEAMENTO DA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA	24
2.5.1 Setor de Refrigeração na Indústria Frigorífica	25
2.6 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	26
2.7 POLÍTICAS ENERGÉTICAS	26
2.7.1 Programas de Eficiência Energética e Acordos Voluntários	27
2.7.2 Ações para Eficiência Energética	29
2.7.3 Motivações e Barreiras	30
2.8 MODELOS DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO	31
2.8.1 Modelo de Geração Distribuída	32
2.8.2 Modelo de Gestão de Energia de Bunse et al. (2011)	33
2.8.2.1 Medida da Eficiência Energética	34
2.8.2.2 Controle e Melhoria da Eficiência Energética	34
2.8.2.3 TIC capacitando o uso de energia eficiente	35
2.8.2.4 Padronização capacitando o uso de energia eficiente	35
2.9 GESTÃO ENERGÉTICA SEGUNDO A ABNT NBR ISO 50.001	35
2.9.1 Processo de Planejamento	37
2.10 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA	38
2.10.1 Sistemas Supervisórios	39
2.10.2 Sistemas de Modelagem, Avaliação e Planejamento de Sistemas de Energia	39
2.11 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	40
2.11.1 Indicadores Econômicos	41
2.11.2 Indicadores Físicos	42
2.12 CICLO DE REFRIGERAÇÃO	43
2.12.1 Experimentos de Eficiência Energética	45
2.12.2 Indicadores de Desempenho do Ciclo de Refrigeração	45
2.12.2.1 Coeficiente de Desempenho do Ciclo (COP)	46
2.12.2.2 Compressor	47
2.12.2.3 Condensador	47
2.12.2.4 Válvula de Expansão	48
2.12.2.5 Evaporador	48

2.13 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SGE .....	48
2.13.1 Fluxo de Caixa e Horizonte de Planejamento .....	49
2.13.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA) .....	49
2.13.3 Valor Presente .....	50
2.13.4 Índice de Benefício/Custo (IBC) .....	52
2.13.5 Retorno sobre o Investimento .....	52
2.13.6 Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	53
2.13.7 Período de Recuperação do Investimento ( <i>Payback</i> ) .....	54
2.13.8 Análise de Sensibilidade .....	54
2.14 CONSIDERAÇÕES .....	55
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>57</b>
3.1 ESTADO DA ARTE, GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ....	57
3.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR MEIO DE INDICADORES .	58
3.3 IDENTIFICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE SUPERVISÃO DISPONÍVEIS PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA .....	59
3.4 INDICADORES DE ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....	61
3.5 FERRAMENTA DE ACOMPANHAMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....	64
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
4.1 GESTÃO DA ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA FRI- GORÍFICA .....	65
4.2 INDICADORES MÍNIMOS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	66
4.2.1 Consumo Específico de Energia .....	68
4.2.2 Indicadores de Eficiência Energética do Ciclo de Refrigeração .....	69
4.3 USO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA FRI- GORÍFICA .....	71
4.3.1 Custo Unitário da Indústria Frigorífica .....	72
4.3.2 Indicadores e Fatores de Eficiência Energética .....	72
4.4 TECNOLOGIAS PARA SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DISPONÍVEIS PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA .....	74
4.4.1 Medições dos Fluxos de Energia Elétrica .....	76
4.4.2 Tecnologias de Sensoriamento .....	77
4.4.3 Sistemas de Aquisição de Dados e Supervisão .....	78
4.5 AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA .....	79
4.5.1 Configuração dos Cenários de Implantação .....	79
4.5.2 Custos de Implantação e Operação .....	80
4.5.3 Avaliação dos Indicadores Econômicos .....	81
4.6 FERRAMENTA DE ACOMPANHAMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....	84
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>87</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>89</b>
<b>Apêndice A – MEDIDAS E AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>94</b>
<b>Apêndice B – INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO .....</b>	<b>96</b>
<b>Apêndice C – BREVE LEVANTAMENTO DE FRIGORÍFICOS DO PARANÁ .....</b>	<b>98</b>
<b>Apêndice D – SOFTWARES DE ANÁLISE PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO E USO DE ENERGIA .....</b>	<b>100</b>

<b>Apêndice E – RELAÇÃO DE TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS .....</b>	<b>102</b>
<b>Apêndice F – INDICAÇÕES DE USO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS .....</b>	<b>110</b>
F.1 PASSO 1: PARÂMETROS DA SIMULAÇÃO E DADOS DA REVISÃO ENERGÉTICA	
110	
F.2 PASSO 2: ESCOLHA DE EQUIPAMENTOS .....	111
F.3 PASSO 3: ANÁLISE DE INDICADORES .....	112
F.3.1 Caso o equipamento desejado não exista: .....	112
F.4 REVISÕES ENERGÉTICAS: ACOMPANHAMENTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO .....	112



## 1 INTRODUÇÃO

Uma das preocupações ambientais mais recorrentes é a relação do efeito estufa com as condições de suporte à vida no planeta. Embora o efeito estufa natural seja um importante fenômeno para a vida terrestre, “a interferência progressiva das ações humanas no sistema climático do planeta, o qual passa por um processo de aquecimento global, tem trazido consequências irreversíveis e possivelmente catastróficas a sociedade, ao ecossistema e sua biodiversidade” (GOMES et al., 2011, p.3). Pode-se citar o aumento na concentração dos Gases do Efeito Estufa (GEE) na atmosfera terrestre como causa principal do decorrente aquecimento. O consumo e transformação da energia contribuem para uma grande porção das emissões de GEE, conforme destaca Abadie et al. (2012).

Um dos problemas mais complicados de se resolver na questão da emissão de GEE é, segundo Gomes et al. (2011), que tanto a sua emissão quanto os seus efeitos são difusos. Praticamente todos os agentes econômicos emitem GEE e todos sofrem as externalidades negativas derivadas deste processo. Não há simetria tanto na emissão quanto nos efeitos dos GEE, o que confere maior dificuldade no seu tratamento, pois as responsabilidades na emissão e os custos de tratamento dos efeitos externos são individualizados e difusos a tal ponto que os custos de transação para identificar os poluidores e os prejudicados seriam proibitivos.

Diversas políticas estão sendo analisadas e criadas a fim de reverter esse quadro. Para Lino e Ismail (2011), métodos convencionais de produção e utilização de energia geralmente incorporam impactos ambientais nocivos, e portanto o desafio para os cientistas é buscar mecanismos de produção e utilização de energia que sejam livres de impactos ambientais desfavoráveis. Ainda segundo os autores, o progresso econômico e o desenvolvimento sustentável estão ligados à otimização e conservação de energia.

Políticas de eficiência energética (EE) podem ser vistas como uma fonte “limpa” de energia, uma vez que a energia economizada evita impactos da sua geração. Especialmente quando estima-se que a necessidade primária de energia mundial crescerá de 45% em 2006 para 2030, requerendo algo próximo de 26 trilhões de dólares de investimento, em que se espera que

87% desse crescimento ocorra em países em desenvolvimento (SARKAR; SINGH, 2010) como o Brasil.

## 1.1 OBJETIVOS

Nesta seção são detalhados o objetivo geral e específicos deste trabalho que propõe auxiliar as indústrias frigoríficas de aves a serem mais eficientes, na redução no consumo de recursos naturais e dos impactos ambientais ocasionados.

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por primeiro objetivo identificar as principais causas de baixa eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial. Na sequência, busca-se desenvolver um modelo de indicadores de avaliação da eficiência energética para um sistema de gestão de energia (SGE) voltado às indústrias frigoríficas avícolas, e refinar um conjunto de ferramentas para estudos de viabilidade técnica e econômica para implantação de SGE.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos do trabalho:

- Caracterizar o processo de gestão de energia conforme a norma ISO 50.001 para a indústria frigorífica;
- Identificar boas práticas, causas e procedimentos que afetam a EE na indústria frigorífica;
- Propor indicadores de avaliação da eficiência energética;
- Caracterizar tecnologias disponíveis para o monitoramento de indicadores propostos;
- Identificar ferramentas de análise de viabilidade econômica;
- Desenvolver uma *software* de automação de análises econômicas.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A conservação de energia, mais precisamente no que diz respeito a eficiência energética, vem ganhando importância nos últimos anos no Brasil e no mundo. Isso se deve ao fato dos impactos ambientais que o uso intensivo de energia gera ao meio ambiente e, pelo fato de a

oferta de energia, especialmente derivadas de fontes não renováveis, estar se tornando cada vez mais escassa (SALAZAR, 2012).

A indústria é o maior consumidor de energia, responsável por 38,8% do uso de energia do país (BEN, 2015). Conforme a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2009), os setores residencial, comercial e público, tem recebido maior prioridade nas políticas governamentais de EE. Contudo, a política nacional de economia de energia que conduz a uma redução no consumo pode ser vantajosa economicamente.

Para a indústria, a EE pode refletir uma maior produção com menor custo. Isso constitui possibilidade de aumento na competitividade da organização. As vantagens da EE vão além do aumento de produtividade e ganho de competitividade, de modo que toda a sociedade pode se beneficiar com a eficiência energética do setor pela conservação do meio ambiente.

O emprego da norma ABNT ISO 50.001 para EE é metodológico e “especifica os requisitos de um sistema de gestão da energia (SGE) para uma organização desenvolver e implementar uma política energética, estabelecer objetivos, metas e planos de ação que considerem requisitos legais e informações relativas ao uso significativo de energia” (ABNT, 2011, p. VI). As organizações, ainda estão despreparadas, pois não tem em que amparar suas decisões de gestão energética, podendo tomar decisões empíricas e não necessariamente melhores.

As ferramentas de análise de viabilidade utilizando vários indicadores econômicos podem auxiliar as instituições nas decisões de investimentos em melhorias dos seus processos. De forma que isso motive as mesmas realizarem empreendimentos para obterem melhor eficiência energética.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta uma visão geral sobre políticas energéticas, eficiência e uso de energia, objetivos e justificativa do trabalho. O Capítulo 2 apresenta a base teórica com uma visão mais detalhada do contexto no qual o trabalho se insere e os fundamentos da pesquisa para o desenvolvimento do trabalho. Os métodos necessários para o desenvolvimento do trabalho são descritos no Capítulo 3. Resultados da pesquisa são discutidos no Capítulo 4, conforme organização metodológica. Por fim, a conclusão, os trabalhos futuros são apresentados no Capítulo 5.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo elucida o conceito de eficiência energética ao longo do tempo, com proposições de medidas de eficiência. Depois são expostas políticas públicas e institucionais que podem ser ou estão sendo usadas em diversos países. Posteriormente, descreve modelos de planejamento e gestão da energia, implantação de sistemas de gestão e indicadores da eficiência energética. Por fim, apresenta a metodologia de multi-índice de análise de investimentos, descrevendo seus conceitos e indicadores econômicos.

### 2.1 NOTA HISTÓRICA

Para Strapasson (2004), o uso da energia sempre esteve vinculado ao grau de desenvolvimento das civilizações. O autor descreve que as primeiras civilizações utilizavam como principais fontes de energia a biomassa, a força humana e animal, os ventos e a água. Cada vez mais o homem pode aprimorar suas técnicas de conversão de energia, como o carvão impulsionando a Revolução Industrial (século XVIII) marcada pela criação da máquina a vapor. No Brasil havia o uso de biomassa, tração animal e força humana, óleo de baleia para iluminação pública e o carvão até o final do período colonial.

“Após a descoberta do petróleo, no final do século XIX, e posteriormente do gás natural, o carvão deixa de ser a principal fonte de energia consumida, mas continua exercendo um papel importante na matriz energética global. O domínio do uso da eletricidade dá novo impulso ao desenvolvimento tecnológico e gera uma relação de forte dependência dos combustíveis fósseis para a geração.” (STRAPASSON, 2004)

O Brasil gradativamente aumentou o consumo do petróleo até que os dois grandes choques do petróleo (em 73-74 e 79-80) geraram a percepção de que uma nova política energética se fazia necessária. A nova política contemplou os seguintes aspectos: intensificação da prospecção de petróleo; incremento da produção de carvão mineral no país; lançamento do programa nuclear brasileiro; criação do Programa Nacional do Álcool (Próalcohol); continuidade à expansão do parque gerador hídrico; e a realização dos primeiros programas de eficiência energética em nível nacional (STRAPASSON, 2004).

Desde 1981 podem ser citadas políticas de eficiência energética no país, iniciando com o Programa CONSERVE - criado pela Portaria MIC/GM46 - com a finalidade de promover a conservação de energia na indústria. Em 1982, o Decreto Nº 87.079 aprova o Programa de Mobilização Energética (PME): conjunto de ações dirigidas à conservação de energia e à substituição de derivados de petróleo.

Em 1984, ocorreu a criação do Programa de conservação de Energia Elétrica em Eletrodomésticos - posteriormente chamado de Programa Brasileiro de Etiquetagem - com o objetivo de promover a redução do consumo de energia em equipamentos como refrigeradores, congeladores, e condicionadores de ar domésticos. Em 1985, foi instituído o PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, por meio da Portaria Interministerial Nº 1.877 de 1985. Por meio do Decreto Nº 99.656, em 1990, é criada a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) com a finalidade de reduzir desperdícios de energia elétrica no setor público.

Posteriormente, foi criado o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) pelo Decreto Nº 99.250, de 11 de maio de 1990. E, em 1993, são instituídos: o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e o Selo Verde de Eficiência Energética em prol da conservação e uso eficiente da energia no país.

Em 1996, pela Lei Nº 9.427 s seguida do Decreto Nº 2.335, foi instituída e regulamentada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Então, a criação da Lei do Petróleo em 1997 que dispõe sobre a Política Energética Nacional e criação da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) para o aproveitamento racional das fontes de energia, proteção do meio ambiente e conservação de energia. Em 2000, foi promulgada a Lei Nº 9.991 alusiva a investimentos em pesquisa, desenvolvimento e EE.

No ano de 2001, o Brasil sofreu uma crise no setor elétrico - a chamada “crise do apagão”- levando a racionamentos de energia, um reflexo de uma ineficiente política energética vigente (SOLA; KOVALESKI, 2004; STRAPASSON, 2004). Um marco legislativo do país, neste contexto, foi a criação da Lei de Eficiência Energética nº 10.295 e Decreto Nº 4.059 de 2001, instrumentos que conduzem a Política Energética Nacional e tem como finalidade a conservação de energia (PROCEL, 2014). Essa lei dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional da energia (MME, 2011).

Para reduzir o consumo de energia, o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNE) está desenvolvendo programas de eficiência energética que se referem a vários tipos de ações para culminar em redução da energia necessária para serviços e demandas da sociedade (MME, 2011). O PNE prevê, em 2030, a redução na demanda de energia em 5% autônoma e outros

5% de induzida, utilizando instrumentos de captação de recursos e aperfeiçoamento dos marcos regulatórios relativos à EE. Em suma, o objetivo é atender às necessidades da economia com menor consumo de energia e, portanto, menos impacto na natureza.

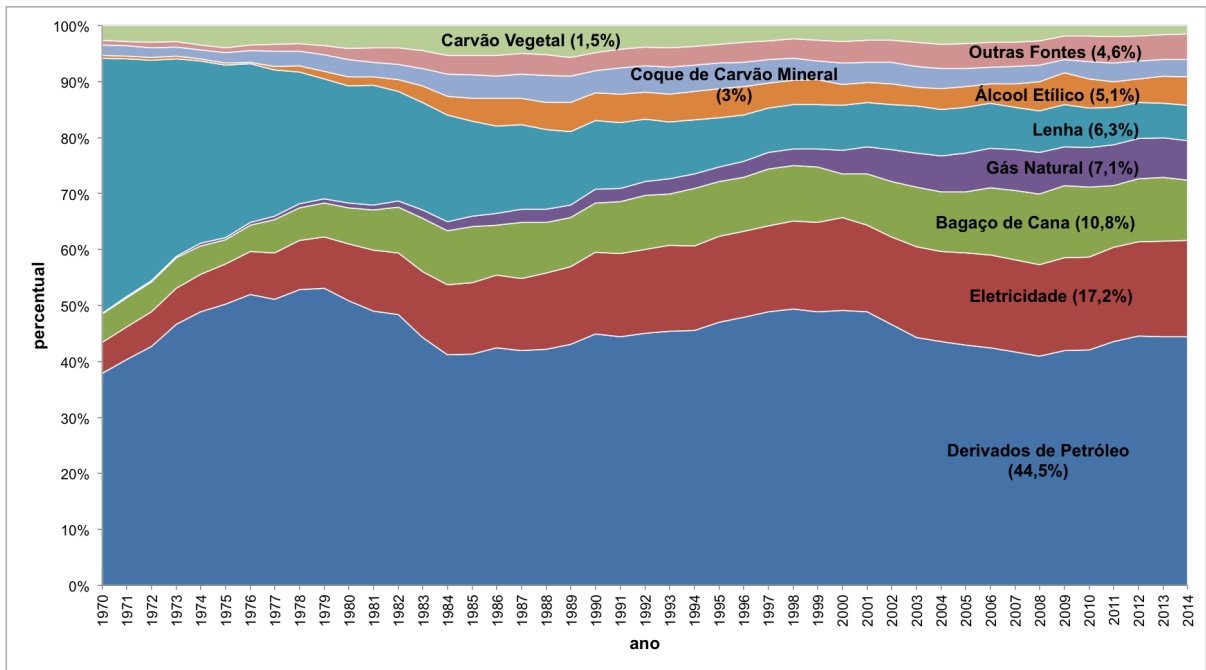
## 2.2 VISÃO GERAL

Uma das mais relevantes medidas para reduzir as emissões de GEE, de acordo com Fleiter et al. (2012), é melhorar a eficiência energética dos consumidores finais e como uma maneira de garantir a segurança do abastecimento. O autor ainda conclui que potenciais medidas de eficiência energética nos setores da indústria tem sido identificados repetidamente na literatura, porém a adoção de tais medidas tem sido baixa.

Políticas foram criadas em vários países para promover a eficiência energética, a qualidade do serviço e a busca por soluções energéticas mais limpas, ou seja, de menor impacto ambiental e por seu uso de forma mais eficiente. Políticas de eficiência energética são uma maneira inteligente de reduzir o esgotamento dos já escassos recursos naturais (ABADIE et al., 2012).

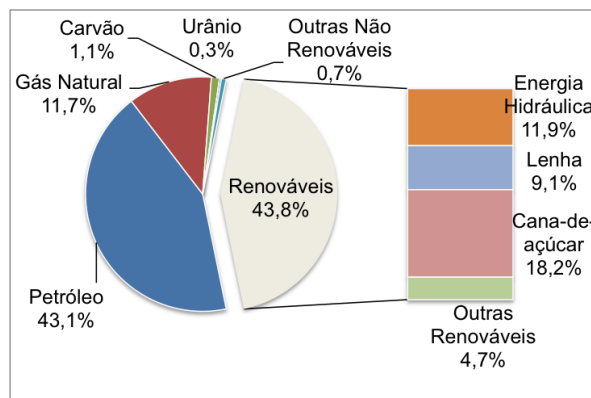
Como um instrumento econômico de combate à poluição, existem os Certificados Negociáveis de Poluição (CNPs), estabelecidos pelo Protocolo de Quioto. Para Gomes et al. (2011), o mercado internacional de permissões de GEE é o recurso principal por meio do qual os países desenvolvidos devem atender seus limites de emissões. Esses certificados permitem que os países desenvolvidos estipulem uma quantidade máxima de poluentes compatível com uma meta de qualidade ambiental. Os CNPs são distribuídos entre seus agentes poluidores, assim, se uma organização deseja emitir mais poluentes, ela deverá comprar certificados de quem os tenha. Rahman e Kirkman (2015) relata que haviam 8.744 projetos deste tipo em desenvolvimento em janeiro de 2014 e que a sua maioria está localizada na China e Índia.

O uso de energia no Brasil, em 2014, como mostra a Figura 1 em relação ao consumo de energia por fonte. Segundo o BEN (2015), a Matriz Energética Brasileira tem uma elevada participação de fontes renováveis (Figura 2).



**Figura 1: Consumo final de energia por fonte**

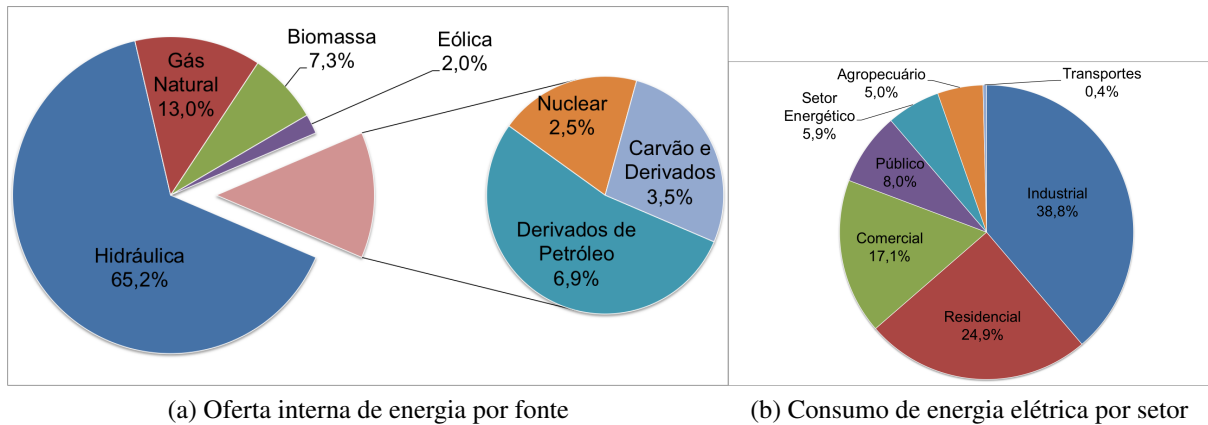
Fonte: BEN (2015)



**Figura 2: Participação de fontes renováveis na produção de energia primária**

Fonte: BEN (2015)

Quanto a porção de energia elétrica no Brasil, grande parte provém da geração hidráulica, na Figura 3a são apresentados dados de 2014, demonstrando a grande participação das fontes renováveis na Matriz Elétrica Brasileira. Ainda, a maior porção do fluxo elétrico nacional é destinado às indústrias (Figura 3b).

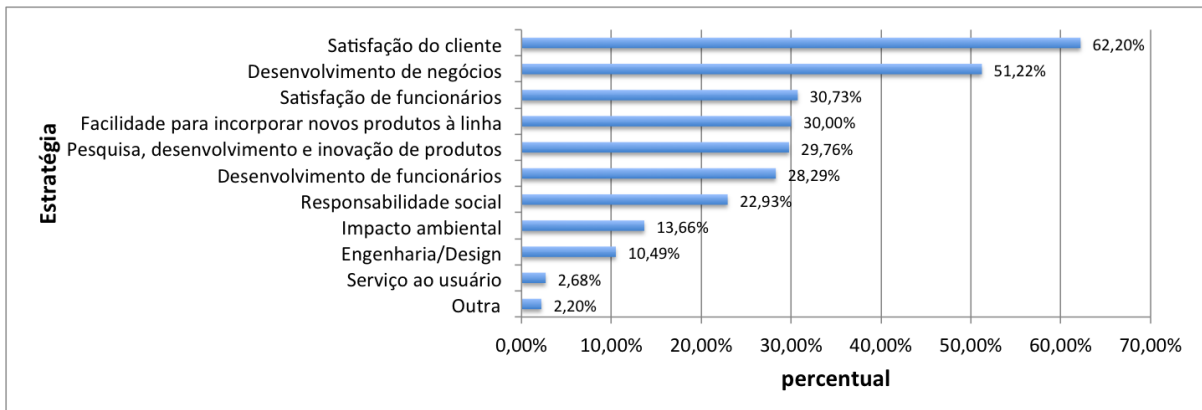


**Figura 3: Matriz Energética Brasileira**

Fonte: BEN (2015)

### 2.3 VISÃO DA INDÚSTRIA

Segundo uma pesquisa da Federação das Indústrias do Paraná (FIEP, 2011), em novembro de 2011, com 410 indústrias do Paraná, a estratégia de maior importância para essas empresas é a satisfação dos clientes, enquanto que o impacto ambiental é a oitava (Figura 4). Quando questionados para onde irão os próximos investimentos, 48,05% dos empresários respondeu que investirão em produtividade (Figura 5).



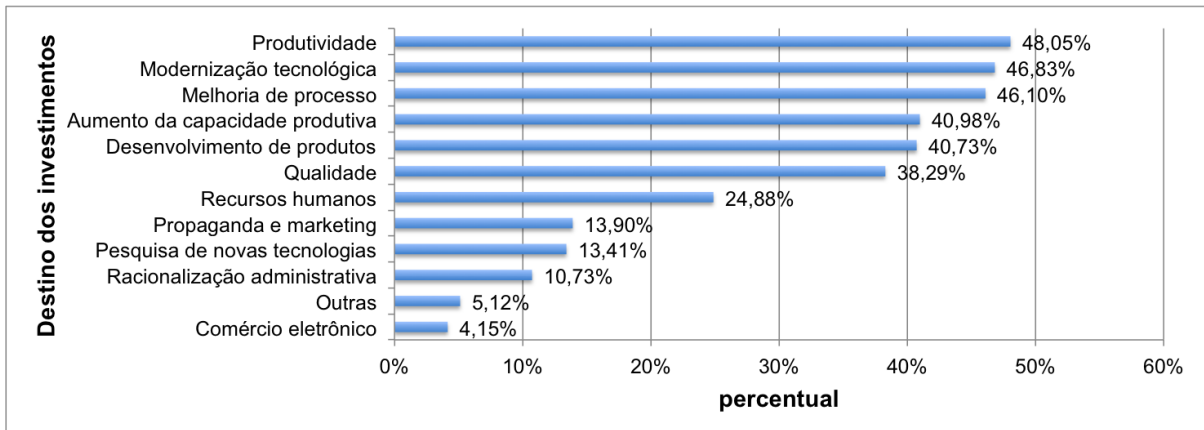
**Figura 4: Estratégia de maior importância das indústrias Paranaenses para 2012**

Fonte: FIEP (2011)

Marques e Fuinhas (2011) sugerem que as altas taxas de emissão de dióxido de carbono são resultado de poucas preocupações com o meio ambiente, o que desencoraja o uso de fontes renováveis. Os autores inferem em sua pesquisa que contratos para produção de energia a partir de fontes renováveis são uma maneira de se proteger dos preços instáveis dos combustíveis



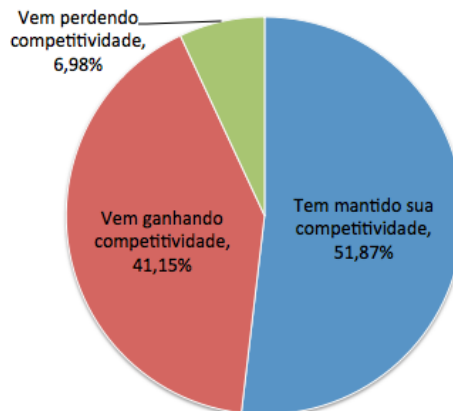
fósseis.



**Figura 5: Para onde irão os investimentos das indústrias paranaenses**

Fonte: FIEP (2011)

Poucas informações foram encontradas sobre a situação da gestão energética das indústrias em um panorama geral, nem sobre estudos de viabilidade técnica ou econômica de um SGE. Também não se pode dizer se a adoção de medidas de EE pode aumentar a competitividade das empresas, todavia a maioria dos entrevistados pela FIEP (2011) dizem estar mantendo ou ganhando competitividade no mercado (Figura 6).



**Figura 6: Situação competitiva das indústrias paranaenses**

Fonte: FIEP (2011)

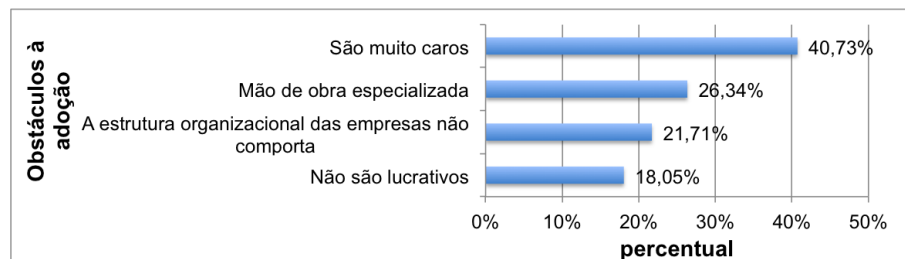
## 2.4 PRODUÇÃO E ENERGIA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

O setor industrial foi o grande consumidor brasileiro de energia em 2014 com um consumo total de 205,9 TWh, 33% do total (BEN, 2015). A indústria brasileira de alimentos

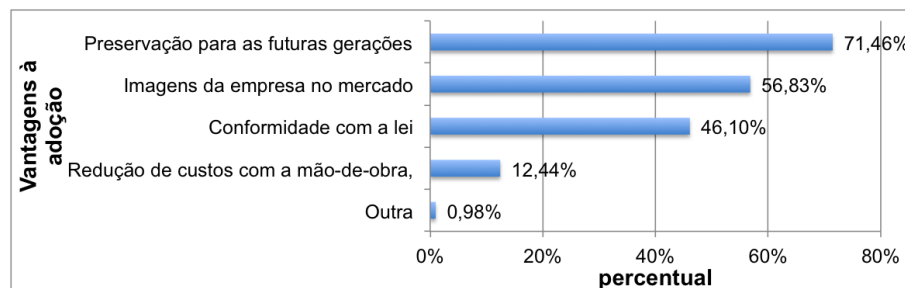
é um importante segmento da atividade econômica do país. De acordo com ABIA (2014), nos últimos anos, o volume de negócios cresceu, chegando a cerca de R\$ 424,5 bilhões em 2014 e R\$ 115,6 bilhões no setor de derivados de carne, em comparação com a receita de 2013 que eram R\$ 100,8 bilhões, um aumento de R\$ 14,8 bilhões, o que corresponde a 12,8% de ganho.

Conforme pesquisa a respeito do mercado de eficiência energética no país, realizada no segmento de produtos alimentícios e bebidas em 2005 e 2006 com base em 127 instalações industriais e 17 concessionárias de energia, 10% afirmam possuir uma CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia) constituída em suas instalações (PROCEL, 2006). Além disso, 65% declaram fazer alguma avaliação do uso de energia em suas instalações, sendo as formas de avaliação mais utilizadas: a avaliação geral da instalação e análise dos equipamentos principais. Enquanto que 25% informam que não estabelecem quaisquer metas de desempenho energético. Neste mesmo estudo, em relação às crenças das indústrias, mais da metade das empresas acredita que demora e é trabalhoso obter informações suficientes para tomar decisão relativa a investimentos em EE.

Um estudo empírico sobre a adoção de medidas de eficiência energética desenvolvido por Fleiter et al. (2012) relata, entre outros, o alto custo de investimento em tecnologias de produção de menor impacto ambiental ter sido o principal motivo pela não adoção das mesmas. Bem como, o estudo da FIEP (2011), em que o principal obstáculo à adoção dessas medidas é que tais investimentos são muito caros (Figura 7a).



(a) Obstáculos à adoção



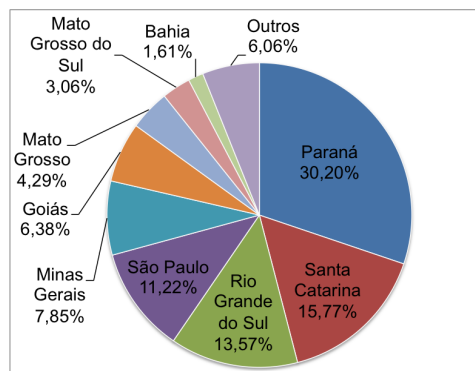
(b) Vantagens da adoção

**Figura 7: Adoção de processos de produção amigáveis ao meio ambiente**

Fonte: FIEP (2011)

## 2.5 MAPEAMENTO DA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

De acordo com dados de 2013 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), as regiões Sul e Sudeste do país hospedam os maiores números de empresas de abate e fabricação de produtos de carne (bovinos, suínos e aves) com 70,8% dessas empresas. Mais especificamente, no primeiro trimestre de 2015, foram abatidos mais de 1,3 bilhão de aves. O Paraná é o estado que lidera em número de aves abatidas com 30,2% da produção, seguido de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, conforme apresentado na Figura 8.

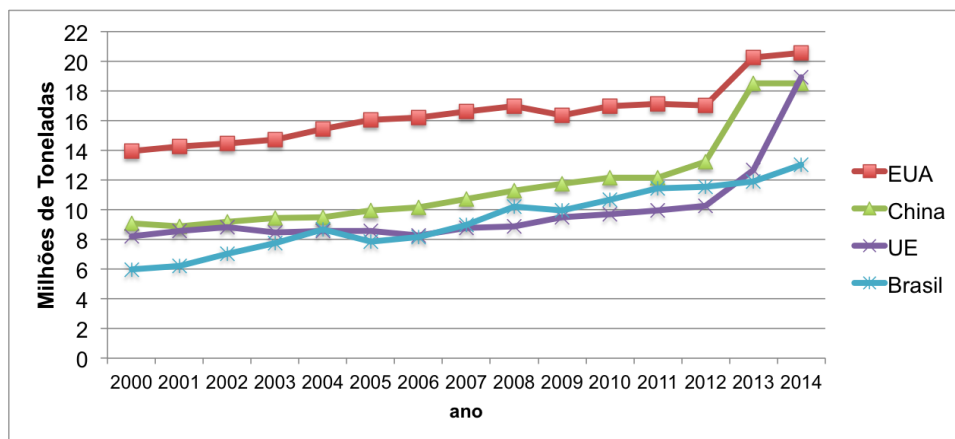


**Figura 8: Ranking de aves abatidas no primeiro trimestre de 2015**

**Fonte: IBGE (2015)**

A ocupação do Oeste e região Sudoeste do Paraná, de acordo com Trintin (2006), até os anos 20 era muito pobre devido à falta de conexão com os principais centros. A decisão de instalar a agroindústria no Paraná foi em função de que a maioria dos cooperados eram donos de pequenas propriedades (até sessenta hectares) favorecendo o processo de integração. Deste modo é enfatizado que a localização de uma agroindústria pode ser influenciada pelo mercado e, ou, a proximidade de matéria-prima, dos clientes, dependente da soma dos custos de distribuição e armazenamento. Para tanto, em uma pesquisa preliminar foram levantadas 46 indústrias desse tipo e os resultados dessa pesquisa são apresentados no Apêndice C.

Como estimado por *Food and Agriculture Organization of the United Nations* FAO (2015), os dados de 2014 mostram que os Estados Unidos lideram a produção de carne de frango, com 20,5 milhões de toneladas, seguido pela União Europeia, com 18,9; 18,5 na China; e, no Brasil, com 13 milhões de toneladas. A Figura 9 ilustra os maiores produtores de carne de frango do mundo e a variação da produção entre os anos de 2000 a 2014.



**Figura 9: Produção de carne de aves por país**

Fonte: FAO (2015)

### 2.5.1 SETOR DE REFRIGERAÇÃO NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

Um dos fatores chave para os abatedouros de frango evitarem o desperdício e minimizar o custo de energia elétrica é o controle da refrigeração industrial. A cadeia de frio compreende todo o processo de armazenamento, conservação, distribuição, transporte e manuseio de produtos à baixas temperaturas. Qualquer falha nesta cadeia pode comprometer a qualidade do produto. A velocidade de reações químicas, bioquímicas e microbiológicas está diretamente relacionada à temperatura, e influencia a saúde, qualidade nutricional e qualidade sensorial de produtos refrigerados. Assim, a manutenção da cadeia de frio intacta, operando a temperaturas adequadas desde o produtor até o consumidor final é essencial (PEREIRA et al., 2010).

Economizar energia ganhou importância no ambiente nacional e estudos de eficiência tem sido desenvolvidos. Segundo Santos (2006), projetos estão sendo realizados com o objetivo de promover ações de eficiência energética em indústrias de médio e grande porte, por meio de parcerias com federações de indústrias dos estados, a formação de técnicos e engenheiros que trabalham na indústria, educação e serviços, visando o estabelecimento de ações de eficiência energética em sistemas de motores industriais. A conta de energia elétrica subiu em 6,1% até maio de 2014 para a indústria brasileira, conforme dados da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), ainda, o custo final de energia elétrica do setor aumentou para 360,7 R\$/MWh (FIRJAN, 2014). Esse estudo também prevê a manutenção dos reajustes tarifários em 2015, podendo chegar a um custo de 401,3 R\$/MWh.

## 2.6 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A Eficiência Energética (EE), como definida por Sarkar e Singh (2010), se refere à adoção de práticas e tecnologias melhores com o intuito de produzir a mesma quantidade de energia ou serviço necessário.

Com a redução da dependência em combustíveis fósseis pela geração de energia por meio de fontes renováveis e com a melhoria da eficiência se espera mitigar os efeitos negativos da mudança climática global, além de promover a independência energética. Políticas e programas com esta estratégia estão em consideração ou são perseguidos em todos os níveis de governo, assim como há uma crescente noção de urgência (CAPPERS; GOLDMAN, 2010).

O Brasil está entre os 10 maiores consumidores de energia elétrica no mundo, embora a sua participação no total (2,5%) esteja distante do Estados Unidos (maior consumidor, com 21% do total) e a tarifa de energia elétrica industrial brasileira é quase o dobro do valor comparado ao primeiro colocado, segundo dados de EPE (2013). Por outro lado, um estudo da Young et al. (2014) comparando 16 países ao redor do mundo por serem grandes economias, demonstrou que o país é o penúltimo na classificação de eficiência energética, a frente apenas do México. Esta posição se repete na avaliação do setor industrial - onde o país possui a menor pontuação na avaliação. O Brasil e o México são os únicos países avaliados que não tem programas de acordos voluntários entre governo e as organizações, nem leis que exijam um profissional dedicado à eficiência energética na indústria, ou ainda, auditorias energéticas obrigatórias.

## 2.7 POLÍTICAS ENERGÉTICAS

Evidências das últimas 3 a 4 décadas de experiências ao redor do mundo indicam que programas de EE geralmente são positivos e trazem múltiplos benefícios para o governo, consumidores e o meio ambiente. Tais programas podem: conservar recursos naturais; reduzir a poluição no ambiente e, também, a demanda energética da indústria; reduzir a dependência do país em combustíveis fósseis, aumentando assim a sua segurança energética; gargalos de infraestrutura e impactos de deficiências temporárias de energia; e melhorar a competitividade industrial e comercial por meio da redução de custos operacionais (SARKAR; SINGH, 2010).

Abadie et al. (2012) estimou que políticas de eficiência energética podem trazer reduções nas emissões anuais de CO<sub>2</sub> no mundo. Segundo Sarkar e Singh (2010), o IEA desenvolveu um conjunto de 25 recomendações que, se implementadas, podem reduzir as emissões globais de CO<sub>2</sub> em 20% por ano até 2020. Cappers e Goldman (2010) sugerem que apenas uma política

coordenada, um híbrido do padrão de energia renovável em que eficiência energética também é uma fonte, seria a solução para expansão de EE e investimentos em energias renováveis.

No Brasil, várias ações têm sido empreendidas para a promoção da EE na indústria. Programas como: o programa PROESCO (Apoio a Projetos de Eficiência Energética) com linha de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); os programas de EE pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o do CONPET conduzido pela Petrobras; o programa PROCEL Indústria com 690 indústrias participantes até o final de 2014, além de 206 multiplicadores (professores, consultores e especialistas) e 2.907 agentes técnicos (MME, 2011; PROCEL, 2015).

Pellegrini-Masini e Leishman (2011) chamam atenção para o fato de que na literatura, muitas ferramentas são projetadas principalmente para destacar as questões que devem ser consideradas pelas empresas, em vez de realizar uma análise dos fatores que realmente influenciam as decisões das empresas em circunstâncias atuais do mercado. Ele comenta que a literatura sobre práticas de negócios sustentáveis, por vezes centra-se em fatores específicos ou classes de fatores, em vez de adotar uma abordagem holística com o objetivo de individualizar todos os fatores possíveis. Ainda conforme os autores, pesquisadores têm diversas vezes assumido uma perspectiva econômica, destacando finanças ou benefícios e custos organizacionais.

### 2.7.1 PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ACORDOS VOLUNTÁRIOS

Com a crescente preocupação dos países em relação às suas ineficiências, tem-se utilizado diferentes estratégias para favorecer o desenvolvimento da EE: por meio de benefícios ou penalidades, através de políticas e acordos voluntários. Diversos programas de EE foram desenvolvidos a fim de reduzir a poluição e para o uso eficiente da energia. Em geral, são destinados à indústria e oferecem motivadores para o desenvolvimento da eficiência dessas empresas como: redução tributária, facilidade de obtenção de licenças ambientais ou outras regulações. Alguns países oferecem suporte para o desenvolvimento de EE, como centros especializados para treinamento de profissionais e auditorias nas indústrias.

Em casos de não conformidade, a empresa pode perder os benefícios adquiridos ou ser penalizada com taxas e multas. Contudo, boa parte desses programas procura promover a EE por meio de subsídios e não penalidades. Uma relação de programas de eficiência energética pesquisados foram relacionados no Quadro 1.

Frequentemente a indústria recebe reduções em impostos, nas taxas de energia e de emissão de carbono caso elas sigam certas medidas de EE. Contudo, o resultado de um pro-

Local	Título do(s) Programa(s)	Motivador Principal	Penalidade
Bélgica-Flandres	Benchmarking covenant (BC), Auditing Covenant (AC)	Concessão de legislação, descontos fiscais de energia	
Bélgica-Walloon		Legislação diferida, descontos fiscais de energia	
Dinamarca	Acordos voluntários de eficiência energética	Descontos sobre impostos de CO <sub>2</sub>	Reembolso de descontos
Finlândia	Energy Conservation Agreements (ECA), Energy Efficiency Agreements on the Improvement of Energy Efficiency in Industries, Municipal Sector Agreement, Höylä III Energy Efficiency Agreement	Subsídios (auditorias energéticas e implementação de medidas)	Reembolso de subsídios
Alemanha	Joint Declaration of the German Industry on Climate Protection	Desconto de imposto sobre a conta de energia elétrica	Perda de desconto
Estônia	AVs para substituição da taxa de poluição	Substituição de taxa de poluição	
Irlanda	Energy Agreements Program	EN16001	
Holanda	LTA3 e LEE	Acesso mais fácil às licenças ambientais	Aperto da licença ambiental (LTA3)
Eslovênia	Imposto sobre o CO <sub>2</sub> e acordos voluntários	Descontos sobre impostos de CO <sub>2</sub>	Reembolso do crédito tributário
Suécia	Program for Energy Efficiency in Energy Intensive Industries	Descontos fiscais de energia	Interrupção do desconto do imposto e de reembolso de crédito fiscal
Reino Unido	Climate Change Agreements (CCAs), acordos de EE com transportadores de combustíveis	Desconto da taxa de mudança climática, para CCAs	Interrupção do desconto do imposto
Estados Unidos	Industrial Assessment Centres (IAC)	Treinamentos, auditoria na indústria	
Brasil	Programa Nacional de Eficiência Energética (PROCEL), Programa Nacional de Racionalização de Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET), Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)	Popularização de informações para o desenvolvimento de EE, etiquetagem da eficiência de equipamentos	

### Quadro 1: Motivadores e mecanismos para desencorajar a não conformidade

Fonte: Rezessy e Bertoldi (2011), Abadie et al. (2012), Cappers e Goldman (2010), Henriksson et al. (2012), Lesage et al. (2010) e Frozza (2013)

grama de EE é incerto como descreve Henriksson et al. (2012): a teoria econômica sugere que a redução do preço da energia leva a um aumento no consumo.

Políticas de acordos voluntários (AV) tem se tornado cada vez mais comuns. AVs são benefícios oferecidos às instituições como forma de incentivo a, por exemplo, melhorias de EE, uso de fontes renováveis e limpas. Alguns AVs tem foco em indústrias apenas, enquanto outros

permitem que associações e empresas individuais participem dos programas o que simplifica os aspectos de implementação (REZESSY; BERTOLDI, 2011).

Há várias razões pelas quais empresas e autoridades públicas aderem aos acordos voluntários e tomam determinados comprometerimentos, tais como:

- As autoridades permitem concessões como regulamentos e tarifas;
- Acesso fácil a licenças ambientais;
- Suporte financeiro para tomar certas ações (como subsídios para auditorias de energia ou capital para investimento em EE)
- Redução ou isenção de impostos;
- Fornecimento de informações sobre tecnologias de EE, assistência governamental e treinamento em EE;
- Imagem pública das instituições participantes (responsabilidade ambiental e social).

Contudo, AVs também usam penalidades ou legislações para desencorajar a não-conformidade com os acordos. Ademais, os motivadores econômicos tem sido os mais comuns para adesão dos participantes aos AVs (REZESSY; BERTOLDI, 2011).

Os programas de EE no Brasil não apresentam incentivos financeiros ou fiscais, estando baseados na divulgação de informações para a promoção da eficiência nas indústrias. O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) visa motivar a troca de equipamentos padrão por outros mais eficientes. E, o Programa Nacional de Eficiência Energética (PROCEL) produz e dissemina informações para melhoria da EE no país.

### 2.7.2 AÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Tendo em vista a política brasileira de divulgação da informação, os resultados dos programas de EE relatam várias melhorias na indústria visando a eficiência energética. Em grande parte são substituições de equipamentos menos eficientes por outros de melhor desempenho (na maioria substituição de motores). Também, destacam-se mudanças estruturais, instalação de equipamentos de automação e criação de processos gerenciais de uso da energia, como relatados no Quadro 2.

Outros estudos publicados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) sobre soluções técnicas de EE, conclui que 19% das ações envolveram troca de motores, 20% melhorias em sistemas de iluminação e 8%, melhorias em sistemas de ar comprimido (MME, 2011). Também,



<b>Tipo</b>	<b>Ação</b>
Motor	Substituição de motores padrão por motores de alto rendimento
Iluminação	Substituição do sistema de iluminação, incluindo troca de lâmpadas, luminárias e reatores; aproveitamento de luz natural
Ar Comprimido	Substituição de compressores; gerenciamento de compressores; correção de vazamentos
Gerenciamento / Automação	Instalação de equipamento gerenciador de demanda; instalação de sistemas de automação
Inversor	Uso de inversor de frequência para acionamento de motores com carga variável
Diagnósticos	Realização de diagnóstico energético
Processo / Equipamento	Modificações em processos ou equipamentos específicos
Fornos / Caldeiras / Estufas	Modificações no acionamento de fornos elétricos; alterações em caldeiras ou estufas;
Climatização	Substituição de chiller; alterações no sistema de controle de ar condicionado central; uso de termoacumulação; alterações em equipamentos de ventilação;
Correção de fator de potência	Instalação de bancos de capacitores; uso de gerenciador de demanda para monitoração e controle do fator de potência
Bombas	Alterações construtivas em bombas; aplicação de inversores de frequência
Cogeração / Recuperação de calor	Instalação de sistemas de cogeração com caldeiras de alta pressão, turbina a vapor ou ciclo combinado com turbina a gás
CICE / Gestão	Implantação de CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia); uso de medidas gerenciais sobre o uso da energia
Recontratação de demanda	Projetos onde a medida principal foi a reconstrução da demanda
Refrigeração	Modificação de sistemas de refrigeração com amônia
Transformadores / SE	Desligamento de transformadores devido ao remanejamento de carga ou instalação de cabines de subestações primárias

## **Quadro 2: Ações para a eficiência energética**

**Fonte: Guardia et al. (2010)**

a Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*, IEA) apresenta algumas medidas de EE por ela definidas sugerindo uma lista para checagem da eficiência energética. Esses estudos são apresentados do Apêndice A.

Embora um pequena porção das empresas tenha implantado uma política interna de conservação de energia, estas obtiveram os melhores resultados. Reiterando que as ações de EE devem ser planejadas ponderando a mudança cultural buscada pela instituição.

### **2.7.3 MOTIVAÇÕES E BARREIRAS**

A literatura cita que políticas econômicas são os maiores motivadores para as instituições aderirem aos programas. Além disso, Pellegrini-Masini e Leishman (2011), citam que negócios globais, em geral, são sensíveis a crescente necessidade de aumentar e defender sua reputação.

Quanto maior a empresa, mais suscetível está à opinião do público e, frequentemente, as grandes empresas são requisitadas para agirem como líderes da indústria. A imagem de responsabilidade ambiental mesmo não sendo prioritária é, entre outras, uma vantagem competitiva das indústrias. Não obstante, para Rezessy e Bertoldi (2011), um potencial de economia de energia permanece inutilizado por estarem presos em operações industriais e práticas de gestão que são difíceis de modificar e que a otimização desses sistemas não pode ser totalmente alcançada por meio de metodologias genéricas.

Fleiter et al. (2012) destaca algumas das barreiras à adoção de medidas de EE:

- Distância do núcleo de produção;
- Acesso ao capital;
- Barreiras econômicas e financeiras;
- Baixa prioridade de investimentos em EE comparado a outros investimentos;
- Investimento inicial;
- Falta de tempo, ou, pessoas;
- Percepção do risco de interrupção da produção.

Cabe ressaltar a importância do caráter estratégico na decisão de adoção dessas medidas. Para Fleiter et al. (2012) o investimento em EE é visto como estratégico se contribui para criar, manter ou desenvolver uma vantagem competitiva sustentável.

## 2.8 MODELOS DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Planejamento e gestão são conceitos dificilmente separados, entende-se por planejamento a determinação de objetivos de um empreendimento como, também, a coordenação de meios e recursos para atingí-los. Gestão engloba as funções de planejamento, organização e controle do processo de transformação e sua utilidade na prestação de um bem ou serviço aos clientes (BUNSE et al., 2011).

De acordo com Lino e Ismail (2011), a falta de planejamento pode levar a graves problemas para uma indústria ou país e “o progresso econômico e o desenvolvimento sustentável estão ligados à otimização e conservação de energia”. Fica evidente a necessidade de cuidados com o planejamento e gestão energética de uma instituição quando em perspectivas: o crescimento no consumo; a dificuldade de armazenamento de energia; equipamentos e processos obsoletos; a utilização de diversas fontes de energia; energias de fontes renováveis; e, políticas

públicas. Além disso, pode ser considerada uma possível taxaço por uso de fontes mais poluidoras. Métodos convencionais de produção e utilização de energia geralmente incorporam impactos ambientais nocivos, e portanto o desafio para os cientistas em buscar mecanismos de produção e utilização de energia que sejam livres de impactos ambientais desfavoráveis.

### 2.8.1 MODELO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Jordanger et al. (2005) apresenta uma metodologia para o planejamento de sistemas complexos e de distribuição local de energia, bem como o fundamento para um novo pensamento. Para os governos e para empresas de manufatura, o aquecimento global, os preços crescentes da energia e consciência ecológica cada vez maior dos clientes levaram a produção de energia eficiente para o topo da agenda. Governos e empresas estão se esforçando para identificar as medidas mais eficazes para aumentar a eficiência energética nos processos produtivos (JORDANGER et al., 2005; BUNSE et al., 2011).

Conforme tal modelo, o autor identifica quatro etapas em seu processo de gerenciamento de energia:

1. Formulação do problema, estabelecimento de premissas e os critérios a serem utilizados;
2. Coleta de dados relevantes relacionados com a previsão de demanda, mapeamento de recursos, tecnologias disponíveis, etc.;
3. Análises de alternativas relevantes (técnica, econômica e ambiental);
4. Tomada de decisão (avaliação, negociação, aceitação, etc.).

Jordanger et al. (2005) destaca que o crescente foco em geração distribuída e fontes renováveis faz necessário uma análise de portadores de energias alternativas em combinação mútua. E também que as unidades de distribuição possivelmente apresentem soluções sub otimizadas. Também identifica que o impacto ambiental causado pela maioria das matrizes energéticas podem incluir: emissões, barulho, impacto estético, entre outros e que os ciclos de vida destes devem ser incluídos na análise. Cabe destacar também a possibilidade de inclusão dos custos da energia, bem como possíveis subsídios e taxas sobre as alternativas de energia. Claro que possivelmente o critério econômico será o mais importante na maioria das decisões.

Por fim, Jordanger et al. (2005) divide seu modelo nas seguintes etapas:

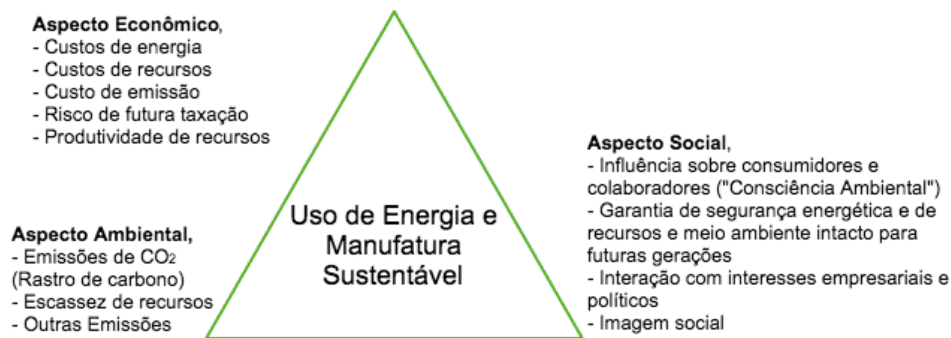
1. Com base em uma biblioteca de componentes disponíveis, o utilizador cria um modelo do sistema de serviço de energia(s) com as soluções alternativas à serem otimi-

zadas. Recursos energéticos disponíveis são coletados, processados, armazenados e transportados em diferentes formas e locais antes de convertidos em energia desejada do usuário final como eletricidade e calor. O modelo trata dos transportes de energia em dutos, linha de força e por estrada;

2. O usuário insere os parâmetros necessários para cada componente relacionado a custos, tempo de vida, eficiência, emissões e relevantes parâmetros técnicos específicos para cada componente;
3. A conexão com a rede é composta por um conjunto simples e inequívoco de variáveis como o custo do fluxo de energia e emissões;
4. O modelo é então mapeado para uma rede genérica (gráfico) de nós e ramos;
5. A otimização é feita sobre este modelo gráfico geral, onde a energia está fluindo.

### 2.8.2 MODELO DE GESTÃO DE ENERGIA DE BUNSE ET AL. (2011)

Da mesma maneira que Jordanger et al. (2005), Bunse et al. (2011) destaca as razões para melhorias na eficiência energética, devido ao aumento nas tarifas, custos sobre emissões de  $CO_2$  e a procura por produtos e serviços de origem verde pelos clientes. Esses pilares são apresentados na Figura 10.

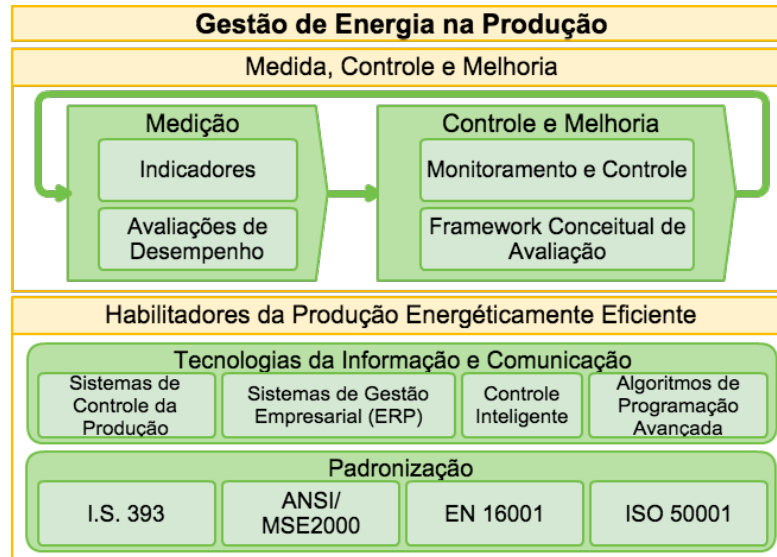


**Figura 10: Contribuição da eficiência energética para os três aspectos fundamentais da manufatura sustentável**

**Fonte: Bunse et al. (2011)**

O autor define gestão de energia como aplicar bem os recursos no fornecimento, conversão e utilização de energia. Essencialmente, envolve monitorar, medir, registrar, analisar, examinar criticamente, controlar e redirecionar os fluxos de energia e materiais por meio de sistemas de modo que menos energia é gasta para atingir os objetivos válidos (BUNSE et al., 2011). O autor também expõe a necessidade das organizações em manter uma pesquisa contínua para o futuro e a lacuna existente entre a literatura e as necessidades da indústria.

O modelo de Bunse, a ser detalhado, é dividido em quatro partes: a **medida da eficiência energética, controle e melhoria** da mesma, **tecnologias de informação e comunicação** capacitando a produção de energia eficiente e **padronização**. O modelo desta metodologia de gestão está descrito na Figura 11.



**Figura 11: Gestão de energia na produção**

Fonte: Bunse et al. (2011).

### 2.8.2.1 MEDIDA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para se definir a eficiência energética da organização é necessário medir os **Indicadores de Desempenho Principais**. O consumo de energia de um processo habilita o acesso a potenciais de otimização e a visualização de benefícios da melhoria das medidas. Geralmente os indicadores descrevem a relação entre a atividade e a energia requerida (BUNSE et al., 2011).

Posteriormente são feitos *Benchmarks*, ou seja, medições e comparações, o que podem ser tarefas complexas em razão de critérios conflitantes de desempenho e uma ampla variedade de critérios de avaliação disponíveis.

### 2.8.2.2 CONTROLE E MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A segunda parte, também é caracterizada por dois processos (BUNSE et al., 2011):

- **Monitorar e controlar:** inclui o monitoramento da eficiência energética, *benchmarks* e auditorias. Esta última, em especial, permite que os responsáveis pelas

tomadas de decisão identifiquem oportunidades de melhoria e acompanhem os efeitos das suas decisões sobre o uso da energia;

- **Marcos conceituais para avaliação:** a base para decisões relevantes nas avaliações de medidas de eficiência energética é a definição e desenvolvimento de indicadores adequados.

A falta de monitoramento resulta em organizações incapazes de identificar investimentos potenciais em energia. Além disso, estas encontram dificuldades para avaliar a eficiência pela falta de conceitos apropriados, a definição dos indicadores não é uma tarefa fácil (BUNSE et al., 2011).

#### 2.8.2.3 TIC CAPACITANDO O USO DE ENERGIA EFICIENTE

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) podem ajudar a gerenciar e reduzir o consumo de energia nos processos de fabricação. Ela pode apoiar o controle dos processos de produção, bem como a validação e avaliação dos potenciais de economia nos investimentos em energia (BUNSE et al., 2011). Algumas dessas tecnologias podem ser citadas como: sistemas de ERP (*Enterprise Resource Planning*), CRM (sistemas de gestão de relacionamentos com clientes) e PLM (sistemas de gestão do ciclo de vida de produtos).

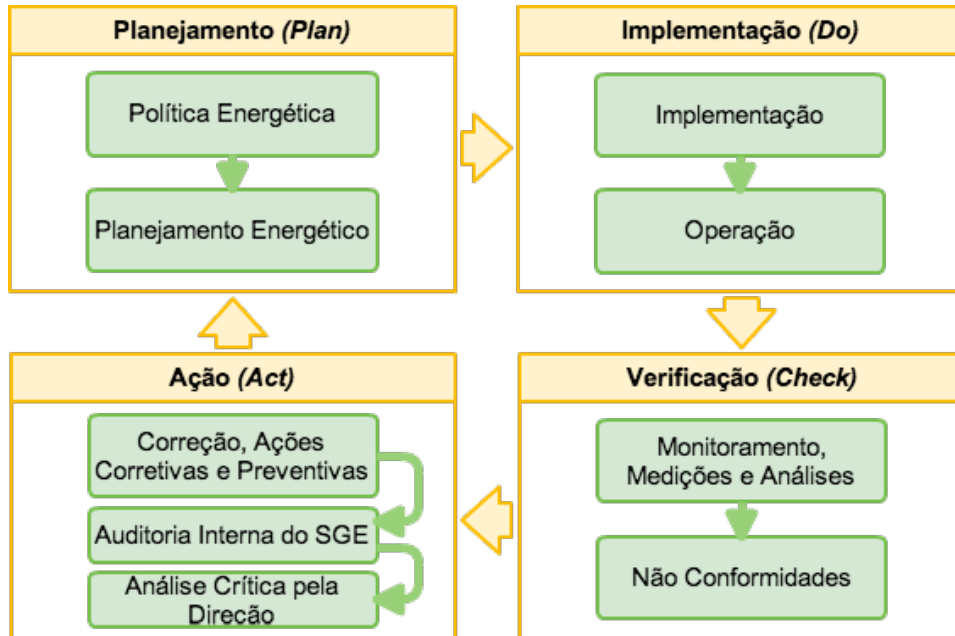
#### 2.8.2.4 PADRONIZAÇÃO CAPACITANDO O USO DE ENERGIA EFICIENTE

A padronização aumenta a transparência dos processos das empresas e as partes interessadas podem avaliar mais facilmente o comprometimento de uma empresa para melhorar sua EE. Nesta parte do processo, as normas de gestão do sistema visam aumentar o desempenho ambiental e a eficiência energética de uma empresa, melhorando os processos da organização (BUNSE et al., 2011). Como exemplos de padronização podem ser citadas as normas: ISO 50.001, ISO 9001 e ISO 14001.

### 2.9 GESTÃO ENERGÉTICA SEGUNDO A ABNT NBR ISO 50.001

A norma ABNT ISO 50.001 especifica os requisitos de um sistema de gestão da energia (SGE) para uma organização desenvolver e implementar uma política energética, estabelecer objetivos, metas e planos de ação que considerem requisitos legais e informações relativas ao uso significativo de energia (ABNT, 2011).

O modelo de gestão proposto segue uma metodologia de melhoria contínua chamada *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), isto é, a gerência passa a ser concebida em quatro fases: planejamento, execução do planejamento, verificação de desempenho e ações de melhoria. A Figura 12 apresenta um modelo da metodologia PDCA utilizada na gestão energética.



**Figura 12: Metodologia de melhoria contínua *Plan-Do-Check-Act* (PDCA)**

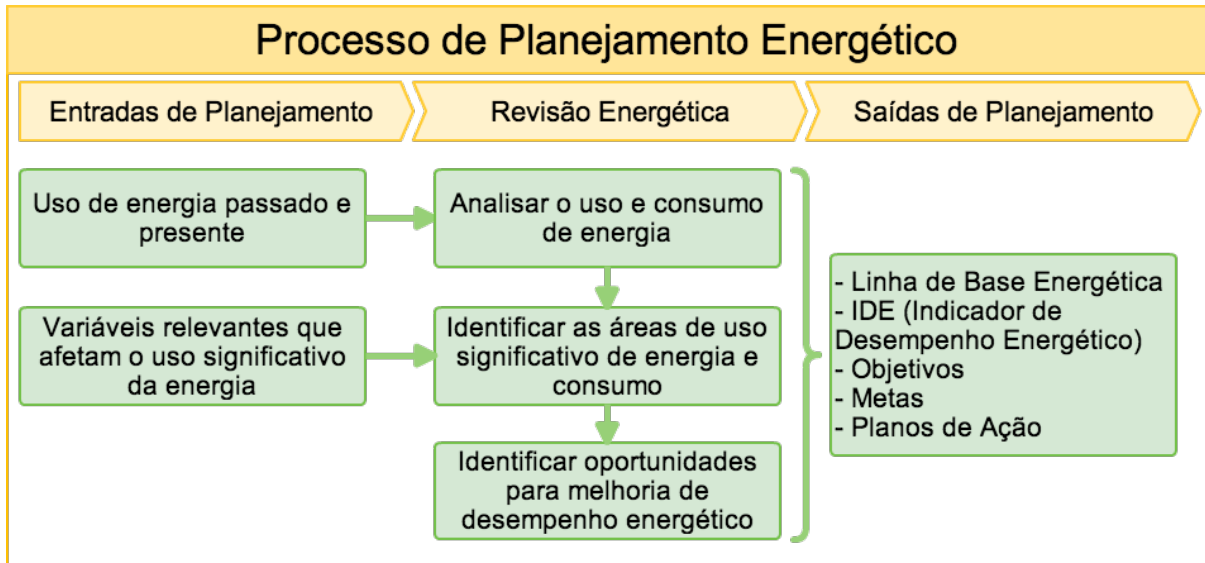
Fonte: Adaptado de Ishikawa (1981) e ABNT (2011)

O PCDA pode ser caracterizado da seguinte forma, conforme especificado na mesma norma:

1. *Plan* (Planejar): determinação do desempenho energético da organização (etapa de revisão energética) e estabelecimento da linha de base, indicadores de desempenho energético (IDEs), objetivos, metas e planos de ação;
2. *Do* (Fazer): implementar os planos de ação da gestão de energia;
3. *Check* (Verificar): monitorar e medir processos e características das operações, e divulgar os resultados;
4. *Act* (Agir): tomar ações para melhorar continuamente o desempenho energético e o sistema de gerenciamento energético (SGE).

Em primeiro lugar, deve-se fazer um levantamento da situação energética da organização (revisão energética) para que esta possa ser a linha de base e, no final do ciclo, seja comparada com a situação após a implementação do SGE. A medida da situação energética organizacional pode ser feita utilizando-se de indicadores.

A metodologia de planejamento energético definida pela Norma ABNT NBR ISO 50.001 é apresentada na Figura 13.



**Figura 13: Diagrama conceitual do processo de planejamento energético**

Fonte: ABNT (2011)

### 2.9.1 PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Segundo a norma NBR ISO 50.001 (ABNT, 2011), a organização deverá desenvolver, registrar e manter a sua **Revisão Energética**. Podendo ser feita em três etapas:

- a) Analisar o consumo: identificar fontes de energia atuais e avaliar o uso de energia atual e passado;
- b) Identificar áreas que afetem significativamente o uso e consumo de energia:
  - Em instalações, equipamentos, sistemas, processos e pessoas;
  - Determinar o desempenho energético atual dos mesmos;
  - Identificar uso e consumo de energia futuros.
- c) Identificar oportunidades de melhoria. Podem ser fontes potenciais de energia, fontes renováveis e alternativas.

Com base nos resultados obtidos a organização irá estabelecer a **Linha de Base** energética para que mudanças no desempenho sejam comparadas às linhas de base definidas. Também devem ser feitos ajustes a tais linhas de base quando: indicadores não mais refletirem o uso e



consumo de energia da organização; houverem mudanças expressivas em processos, padrões operacionais ou sistemas de energia; ou, por método predeterminado.

Os **Indicadores de Desempenho Energético** devem ser identificados e monitorados regularmente. Para isso, esses indicadores são registrados e comparados à linha de base quando apropriado.

A organização, por fim, deve documentar e estabelecer **objetivos energéticos, metas energéticas e planos de ação para gestão da energia**. Os planos de ação precisam fazer cumprir com os objetivos e metas descritos e incluem:

- Atribuição de responsabilidades;
- Meios e cronogramas para cada meta individual;
- Método pelo qual a melhoria de desempenho será verificada;
- Método para verificação de resultados.

## 2.10 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA

Entende-se que para haver um planejamento energético a instituição também deve fazer a sua gestão. Na fase de planejamento a obtenção de informações é fundamental, pois neste momento as entidades podem tomar decisões que acarretam mudanças nos processos. Tomadas de decisão fundamentadas requerem *software* eficaz, dados de entrada de alta qualidade e uma comunidade de usuários devidamente treinados (BAZILIAN et al., 2012).

Fiedler e Mircea (2012) descreve a contratação de um consultor qualificado para projeto e implantação de um SGE. Conforme o autor a implementação da norma de EE previamente citada sugere para a organização:

1. Estabelecer uma política de gestão de energia;
2. Formar uma equipe de gerenciamento de energia para efetivamente implementar um sistema de gestão de energia;
3. Conduzir uma revisão de energia, isto é, levantamento da demanda e uso de energia;
4. Identificar e analisar oportunidades de melhoria de desempenho energético nos usos finais;
5. Estabelecer uma linha de base e indicadores de desempenho energético para acompanhar o avanço;

6. Ajudar e orientar a estabelecer metas de melhoria de desempenho energético;
7. Implementar planos de ação para alcançar tais conjuntos de metas de usuário e cliente.

### 2.10.1 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Sistemas supervisórios tem por finalidade monitorar e rastrear informações de um processo ou instalação física. São empregados na indústria, por exemplo, para monitorar equipamentos, temperatura, consumo de energia, entre outras. Os dados são coletados por meio de equipamentos de aquisição de dados para, posteriormente, serem processados, armazenados e apresentados ao usuário.

Hoje em dia, a supervisão de processos de produção é cada vez mais complexa de ser executada, não apenas pelo número de variáveis envolvidas, mas também pelo número de inter-relações existentes e que são difíceis de serem interpretadas quando o processo é altamente automatizado (LAMBERT et al., 1999). Tais sistemas funcionam *off-line* ou *on-line*. O primeiro permite, em determinado momento, que sejam produzidos alguns relatórios e que ações sejam tomadas. Os sistemas *on-line* permitem acesso a informações medidas no processo e também a habilidade de sinalizar o operador na ocorrência de algum evento importante.

Existem ainda no mercado alguns outros *softwares* de modelagem, avaliação e planejamento de energia que podem auxiliar a indústria frigorífica na criação do SGE, embora não para a sua operação.

### 2.10.2 SISTEMAS DE MODELAGEM, AVALIAÇÃO E PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE ENERGIA

Foram identificados alguns *softwares*, entre outros, de modelagem, avaliação e planejamento de sistemas de energia. Em geral eles não tem o foco na indústria frigorífica, nem estão relacionados a norma de gestão energética ISO 50.001. Outros fazem análises de um país ou local, tendo uma abrangência ampla demais. A relação dos sistemas encontrados nesta pesquisa bibliográfica são apresentados no Quadro 3 (mais detalhes no Apêndice D).

Os *softwares* HOMER e LEAP destacam-se em relação à sua capacidade para planejamento do uso da energia. O primeiro utilizado para modelar sistemas de energia e o segundo usado para planejar fontes alternativas de energia.

Nome	Descrição	Custo (US\$) / Licenciamento
Cities for Climate Protection (CCP)	Desenvolve inventários de emissões de GEE locais (cidades, estados) e planos de ação	Livre para comunidades participantes do ICLEI
COMPÕES	Ferramenta de custo, benefício e rentabilidade para sistemas de energia para os setores públicos e particulares.	Gratuito por 30 dias
CO2DB	Banco de dados de tecnologias de energia emissoras de CO <sub>2</sub>	Gratuito
EnergyPLAN	Simulador criado para auxiliar o planejamento energético regional ou de um país.	Gratuito
Energy Costing Tool	Estima os valores e tipos de investimentos em energia necessários para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)	Gratuito
ENPEP	Conjunto de modelos para análise de Energia / Ambiente integrados	Depende dos módulos utilizados e do tipo de instituição.
GEMIS	Ferramenta de análise de cadeias de combustíveis, da extração de matéria prima até a reciclagem	Gratuito
HOMER	Design de opções de eletrificação off-grid e on-grid.	Gratuito
LEAP	Análises de Energia / Ambiente integrados	Gratuito para os usuários qualificados de países em desenvolvimento.
MAED	Análises de Energia / Ambiente integrados	Gratuito para: setor público, sem fins lucrativos e de pesquisa
MESSAGE	Projeções de demanda de energia final e útil	Gratuito para: setor público, sem fins lucrativos e de pesquisa
REAP	Emissões baseadas em consumo e análise da pegada ecológica para as autoridades locais do Reino Unido e regiões	1.600 - 8.000 dependendo do suporte requerido
RETSCREEN	Produção de energia, ciclo de vida dos custos e redução de emissões de GEE para várias tecnologias de energia renovável e eficiência energética	Gratuito
SUPER	Análises de Demanda de Energia e Conservação, Hidrologia, Planejamento sob Incerteza, Despacho hidrotermal, Financeira e Ambiental	4.000 - 10.000 dependendo da instituição
TIMES/MARKAL	Análises de Energia / Ambiente integrados	3.300 - 15.000 dependendo do tipo de instituição.

### Quadro 3: Lista de softwares de análise para sistemas de produção e uso de energia

Fonte: SEI (2009)

## 2.11 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com o desenvolvimento de uma metodologia de gestão de energia a organização espera que ocorram melhoras no desempenho. Em primeiro lugar é preciso ser bem definida a maneira como esse desempenho será medido. Para tal, alguns modelos matemáticos podem ser estabelecidos pela instituição para que os processos presentes e futuros sejam comparados, assim validando o efeito positivo de melhorias aplicadas e para desenhar o estado em que se encontram seus processos. Nas subseções a seguir são agrupados e classificados alguns desses indicadores de desempenho de acordo com seu tipo, compilados no Apêndice B, conforme relatados pelos autores: Bunse et al. (2011), Drumm et al. (2012), Gonzalez et al. (2012).

### 2.11.1 INDICADORES ECONÔMICOS

Os primeiros indicadores econômicos de desempenho são relacionados aos custos de produção e valores de vendas dos produtos, conforme adaptações dos indicadores relatados por Bunse et al. (2011). Alguns dos indicadores de intensidade energética fundamentais são a simples razão entre o consumo de energia por algum termo econômico, conforme equações 1 e 2. O primeiro corresponde ao **valor consumido de energia (ECC)** pelo período de tempo de uma hora e o seu custo. O segundo corresponde a um indicador macro-econômico que compara o consumo em relação a média das indústrias no nível nacional (média de consumo de energia, ECM).

$$ECC = \frac{\text{Consumo de energia por hora (kWh/h)}}{\text{Valor do kWh (R\$/kWh)}} \quad (1)$$

$$ECM = \frac{\text{Consumo da indústria (kWh)}}{\text{Consumo médio nacional (kWh)}} \quad (2)$$

A equação 3 mede o **valor financeiro gerado (GFV)** por uma determinada quantidade de entrada de energia em relação ao valor de vendas da produção, em termos percentuais.

$$GFV = \frac{\text{Custo total de energia (R\$)}}{\text{Saídas da produção (R\$)}} \cdot 100 \quad (3)$$

A razão da quantidade absoluta de consumo de energia pelos volumes de produção indica o **gasto por unidade ( $UC_m$ )**, conforme equação 4.

$$UC_m = \frac{\text{Quantidade absoluta de consumo de energia (R\$)}}{\text{Volumes de produção (kg)}} \quad (4)$$

O **consumo absoluto de energia (AEC)**, em termos monetários, em relação a um período de tempo (dia, mês ou ano) na equação 5.

$$AEC = \frac{\text{Consumo de energia (R\$)}}{\text{Período de tempo (mês)}} \quad (5)$$

Os dados de consumo podem representar valores absolutos e, ou, específicos, isto é, algumas instituições podem apenas obter dados de consumo gerais enquanto que outras podem estar preparadas para fazer medições em determinadas porções da planta industrial. Desta forma, as empresas podem acompanhar com maior qualidade os seus processos de maior intensidade energética.

Normalmente as tarifas de energia elétrica são divididas em: custo fixo (preço por uma demanda de kW) e custo variável (preço por kWh). O potencial de economia em energia em pontos percentuais é expresso nas equações 6 (potencial de economia) e 7 (potencial de

economia de energia) (DRUMM et al., 2012).

$$SP (\%) = \frac{\Delta \text{ Custos variáveis (R\$)}}{\text{Custos variáveis (R\$)} + \text{Custos fixos (R\$)}} * 100 \quad (6)$$

$$ESP (\%) = \frac{\Delta \text{ Energia primária (R\$)}}{\text{Energia primária (R\$)}} * 100 \quad (7)$$

### 2.11.2 INDICADORES FÍSICOS

Os indicadores físicos estão relacionados ao consumo de energia e normalmente são parte de uma visão da engenharia. Tais indicadores, descritos a seguir, são adaptações dos mesmos propostos por Bunse et al. (2011).

A equação 8 indica o **consumo absoluto ou específico (setorial) de energia**, TEC, em relação a um período de tempo (dia, mês ou ano).

$$TEC = \frac{\text{Consumo de energia total ou setorial (kWh)}}{\text{Período de tempo (mês)}} \quad (8)$$

Ainda, o consumo total ou setorial, pode ser comparado entre dois anos como forma de medição da eficiência energética em relação à um período anterior. A equação 9, **Economia Anual (AS)**, representa a melhoria da eficiência de energia final, contudo esta não considera as possíveis mudanças no consumo de energia da instituição.

$$AS = \text{Consumo no ano } (kWh_{ano1}) - \text{Consumo do ano anterior } (kWh_{ano2}) \quad (9)$$

A razão da quantidade absoluta de consumo de energia pelos volumes de produção indica o **gasto energético por unidade** ( $UC_e$ ), conforme equação 10.

$$UC_e = \frac{\text{Quantidade absoluta de consumo de energia (kWh)}}{\text{Volumes de produção (kg)}} \quad (10)$$

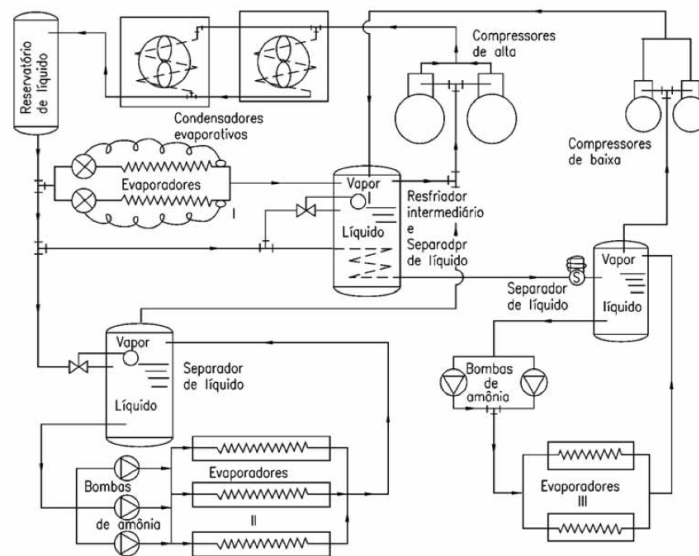
Por fim, na equação 11 um **indicador de eficiência (EEI)** que compara o uso de energia do processo com uma situação "ideal".

$$EEI = \frac{\text{Uso real de energia (kWh)}}{\text{Uso de energia em um processo 'ideal' (kWh)}} \quad (11)$$

Outros indicadores ainda podem ser levantados, por exemplo, o percentual de implantação de uma nova tecnologia ou processo, níveis de emissão de CO<sub>2</sub> da produção e a variação nos preços de combustíveis ou eletricidade.

## 2.12 CICLO DE REFRIGERAÇÃO

O ciclo de refrigeração utiliza compressão de vapor, em que a amônia é utilizada como fluido de refrigeração, uma vez que pode atingir temperaturas extremamente baixas em função da pressão. O esquema exposto na Figura 14 mostra um típico sistema de refrigeração industrial multi-pressão, em duas fases de compressão de vapor, no qual podem ser vistos os componentes principais: compressor, condensador, evaporador, válvula de expansão e separadores de líquido.



**Figura 14: Esquema de um sistema de refrigeração industrial**

Fonte: Eletrobrás (2005)

O maior consumo de energia elétrica do sistema de refrigeração está nos compressores industriais e na capacidade frigorífica ( $\dot{Q}_0$ ) está a forma para a determinação da eficiência desses equipamentos. A capacidade frigorífica representa a quantidade de calor retirada do meio que se quer resfriar por unidade de tempo. É expressa em toneladas de refrigeração (TR), sendo uma medida de potência de refrigeração e corresponde a energia necessária para liquefazer uma tonelada de gelo em 24 horas ( $1TR = 3.53kW = 3024kcal/h$ ).

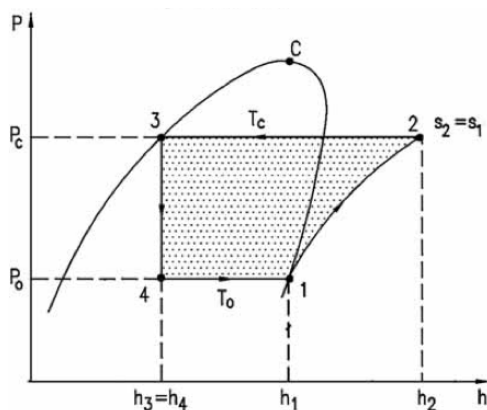
A determinação da capacidade frigorífica - como mostra a equação 12 - depende da entalpia, ou seja, da quantidade de energia do refrigerante em dois pontos: na entrada do compressor (sucção) e na entrada do evaporador. Isto é, a variação da quantidade de energia que o fluido refrigerante apresenta no sistema antes e depois da troca de calor com o produto.

$$TR = 3,53 \cdot \dot{Q}_0 \rightarrow \dot{Q}_0 = \frac{\dot{V}}{\vartheta} (h_1 - h_4) \quad (12)$$

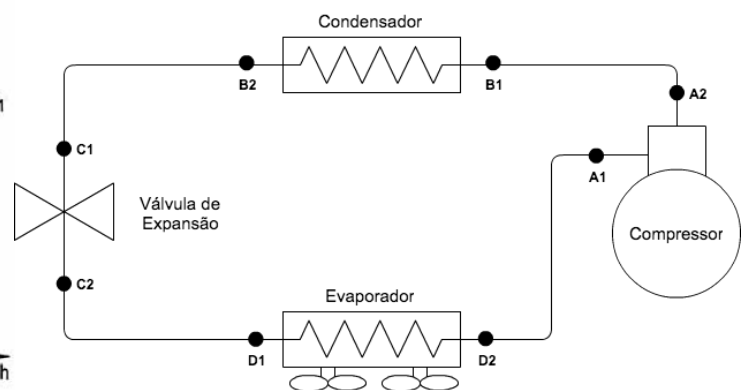
Na qual:

- $TR$ : toneladas de refrigeração;
- $\dot{Q}_0$ : capacidade frigorífica ( $kW$ );
- $\dot{V}$ : Vazão ( $m^3/s$ );
- $\vartheta$ : Volume específico ( $m^3/kg$ );
- $h_1$ : entalpia no ponto 1 (sucção do compressor);
- $h_4$ : entalpia no ponto 4 (entrada do evaporador).

A entalpia possui valores determinados para refrigerantes conhecidos, como nos sistemas de amônia (Figura 15a). Com a medição da temperatura e pressão do refrigerante e conhecendo as suas propriedades, pode ser calculada a entalpia em um determinado ponto do sistema. A vazão mássica também é importante para o cálculo mais preciso da capacidade frigorífica em razão de possíveis alterações do fluxo de refrigerante, podendo ser determinada por sensor ou pelas características do compressor.



(a) Ciclo teórico de refrigeração por compressão a vapor



(b) Principais componentes do sistema de refrigeração

### Figura 15: Ciclo do sistema de refrigeração

Fonte: FIEP (2011), Eletrobrás (2005)

Cada etapa do processo de refrigeração é nomeada da seguinte maneira:

- Processo 1 - 2: compressão do fluido refrigerante;
- Processo 2 - 3: condensação do fluido refrigerante;

- Processo 3 - 4: expansão; e,
- Processo 4 - 1: evaporação.

O tópico seguinte relata algumas pesquisas desenvolvidas com medições por sensores para determinar o desempenho de sistemas de refrigeração.

### 2.12.1 EXPERIMENTOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A literatura apresenta alguns trabalhos experimentais para avaliação da eficiência em sistemas de refrigeração industrial, em geral por meio de análises do coeficiente de desempenho dos equipamentos (COP) com medições de temperatura, pressão e vazão do sistema. Dentre os trabalhos, apenas Belman-Flores e Ledesma (2015), Gazda e Koziol (2013), Chou et al. (2014) mencionam a utilização de algum sistema para aquisição de dados por meio de sensores em seus experimentos.

Gazda e Koziol (2013), Bingming et al. (2009), Chou et al. (2014), Kim et al. (2014), Colorado et al. (2012), apresentam sensores de temperatura e pressão na entrada e saída dos compressores. Bingming et al. (2009), Chou et al. (2014), ainda apresentam sensores de temperatura e pressão nas entradas e saídas do condensador, válvula de expansão e evaporador. Nesses estudos, comumente são utilizados sensores de temperatura do tipo PT100 ou termopares.

Para utilização prática, medidores de vazão mássica podem ser substituídos por uma correlação entre a frequência de funcionamento do compressor e a vazão do fluido refrigerante. Por este motivo, sensores de vazão são usados em poucos trabalhos. Em geral, apresentam medidores de vazão volumétrica ou vazão mássica por efeito coriolis (BELMAN-FLORES; LEDESMA, 2015; GAZDA; KOZIOŁ, 2013; BINGMING et al., 2009; ZHAO et al., 2014; KIM et al., 2014; COLORADO et al., 2012; LLAMAS-GUILLÉN et al., 2014).

De modo a esclarecer o funcionamento do sistema de compressão e como pode ser avaliado o desempenho do sistema, cada componente é detalhado nos subitens seguintes, considerando um sistema ideal.

### 2.12.2 INDICADORES DE DESEMPENHO DO CICLO DE REFRIGERAÇÃO

Determinar o desempenho do ciclo de refrigeração depende da avaliação de seus componentes que podem ser simplificados em um esquema com quatro elementos: compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador (Figura 15b).

O fluido refrigerante circula no sistema em quatro processos:



- O processo A (Figura 15b, A1-A2) ocorre no compressor com o fluido refrigerante vindo do evaporador, então é comprimido e superaquecido até a pressão de condensação;
- O processo B ocorre no condensador onde o calor é rejeitado a uma pressão e temperatura constante de condensação;
- Na válvula de expansão, processo C, o fluido expande da pressão de condensação e diminuindo até a pressão do evaporador, mantendo a mesma entalpia nos pontos  $h_3$  e  $h_4$  (Figura 15a);
- Por fim, o processo D que ocorre no evaporador a uma pressão e temperatura constante, onde o fluido absorve calor até que muda do estado de vapor úmido ao estado de vapor saturado seco.

Nos processos B e D, idealmente, não são necessárias medições de temperatura e pressão, pois essas grandezas nestes processos são constantes, exceto quando houverem falhas no sistema.

#### 2.12.2.1 COEFICIENTE DE DESEMPENHO DO CICLO (COP)

O Coeficiente de Desempenho (COP, em inglês: *Coefficient Of Performance*), representa a razão entre a capacidade do sistema em retirar calor sobre o trabalho de compressão, conforme equação 13.

$$COP = \frac{\dot{Q}_o}{W_c} \quad (13)$$

No qual:

- $COP$  - Coeficiente de desempenho;
- $\dot{Q}_o$  - Quantidade de calor retirado pelo evaporador (capacidade frigorífica), em  $kJ/h$ ;
- $W_c$  - Potência teórica do compressor, em  $kJ/h$ .

O COP é utilizado na análise de sistemas de refrigeração e indica os parâmetros que influenciam no desempenho do sistema. Para o ciclo real de refrigeração, o desempenho depende das propriedades do fluido refrigerante, do compressor e dos demais equipamentos do sistema.

### 2.12.2.2 COMPRESSOR

O papel do compressor é comprimir o fluido refrigerante aumentando o sua pressão, neste processo o refrigerante ganha energia. Dessa maneira, para que o refrigerante passe do ponto  $h_1$  ao  $h_2$  (Figura 15a) o sistema deve considerar a potência do compressor ( $W_c$ ) - demonstrada na equação 14 - que relaciona a quantidade de energia por unidade de tempo que deve ser fornecida ao refrigerante.

$$W_c = \dot{m}_f (h_2 - h_1) \quad (14)$$

No qual:

- $W_c$  - Potência teórica do compressor, em  $kW$ ;
- $\dot{m}_f$  - Massa do fluido refrigerante, em  $kg/h$ ;
- $h_1$  - Entalpia do ponto 1 no ciclo de de refrigeração, em  $kJ/kg$  (Figura 15a);
- $h_2$  - Entalpia do ponto 2 no ciclo de de refrigeração, em  $kJ/kg$  (Figura 15a).

### 2.12.2.3 CONDENSADOR

O fluido refrigerante, após comprimido, é bombeado ao condensador onde ocorre a transferência de calor para um meio externo. Assim o refrigerante perde energia, mas sua pressão e temperatura se mantêm constantes.

O condensador pode ser avaliado pela quantidade de calor que é rejeitada por unidade de tempo ( $\dot{Q}_c$ ), conforme a equação 15.

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_f (h_2 - h_3) \quad (15)$$

No qual:

- $\dot{Q}_c$  - Quantidade de calor rejeitado pelo condensador, em  $kJ/h$ ;
- $\dot{m}_f$  - Massa do fluido refrigerante, em  $kg/h$ ;
- $h_2$  - Entalpia do ponto 2 no ciclo de de refrigeração, em  $kJ/kg$  (Figura 15a);
- $h_3$  - Entalpia do ponto 3 no ciclo de de refrigeração, em  $kJ/kg$  (Figura 15a).

#### 2.12.2.4 VÁLVULA DE EXPANSÃO

No processo de expansão ocorre uma queda brusca de pressão do refrigerante, mas de forma adiabática. Isto é, não há mudança de entalpia, de modo que o refrigerante não ganha nem perde calor. Desta forma, a entalpia no ponto 3 deve ser a mesma que no ponto 4 ( $h_3 = h_4$ ).

#### 2.12.2.5 EVAPORADOR

Da mesma forma que o condensador o evaporador é avaliado pela quantidade de calor que consegue retirar do meio (produto). Assim, o refrigerante expandido, absorve calor do meio e também sua pressão e temperatura se mantêm constantes. Isso é representado por  $\dot{Q}_e$ , conforme a equação 16.

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_f (h_1 - h_4) \quad (16)$$

No qual:

- $\dot{Q}_e$  - Quantidade de calor retirado pelo evaporador (capacidade frigorífica), em  $\text{kJ}/\text{h}$ ;
- $\dot{m}_f$  - Massa do fluido refrigerante, em  $\text{kg}/\text{h}$ ;
- $h_1$  - Entalpia do ponto 1 no ciclo de de refrigeração, em  $\text{kJ}/\text{kg}$  (Figura 15a);
- $h_4$  - Entalpia do ponto 4 no ciclo de de refrigeração, em  $\text{kJ}/\text{kg}$  (Figura 15a).

### 2.13 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SGE

O emprego de recursos financeiros em um empreendimento é dito viável quando alguma riqueza é gerada. Souza e Clemente (2008) argumentam que só se justifica o desembolso presente quando há perspectiva de recebimento de benefícios futuros superiores ao investimento realizado. Contudo, ainda que os benefícios sejam maiores que os custos, isto não significa necessariamente que o investimento é uma boa escolha. A avaliação da viabilidade de um negócio dispõe de um conjunto de ferramentas financeiras para suportar a decisão de se fazer um investimento. Tais ferramentas financeiras estão baseadas na projeção de fluxo de caixa, demonstração de resultado do exercício e na geração de indicadores.

Tais indicadores podem conflitar, se não forem utilizado de forma adequada, não indicando o mesmo caminho para um investimento. Esses e outras ferramentas financeiras serão detalhados nos tópicos seguintes de acordo com a Sistemática de Análise da Viabilidade

Econômica de Projetos de Investimento (SAVEPI) proposta por Lima et al. (2015) e, pelos trabalhos dos autores: Souza e Clemente (2008), Casarotto e Kopittke (2000), Rasoto et al. (2012).

### 2.13.1 FLUXO DE CAIXA E HORIZONTE DE PLANEJAMENTO

Fluxo de Caixa (FC) é uma ferramenta financeira que consiste na projeção de receitas e despesas do empreendimento em um determinado período, chamado de horizonte de planejamento (N), geralmente superior a um ano. O FC inicia com o investimento inicial que compreende o aporte de capital necessário para colocar o projeto em funcionamento e é composto de: ativos fixos (infraestrutura básica), despesas pré-operacionais (necessárias antes de entrar em funcionamento) e capital de giro inicial (recursos necessários para a manutenção do empreendimento até que as receitas sejam maiores que os custos), conforme Souza e Clemente (2008).

A projeção de rendimentos, ou, fluxo esperado de benefícios futuros é obtido por estimativas e em geral por valores médios. Souza e Clemente (2008) ainda relatam que a dificuldade está em realizar a soma desse fluxo de benefícios, em razão de cada elemento se encontrar em um período de tempo diferente e valores monetários não tem o mesmo significado em tempos distintos. Recorre-se a ajustes monetários para impedir que o valor perca com a inflação, isto é, os valores do fluxo de caixa são descapitalizados sobre um valor médio de inflação e pela Taxa de Mínima Atratividade (TMA), criando um Fluxo de Caixa Livre (FCL).

O FCL também deve incluir os valores de taxas e impostos, como imposto de renda. Assim como, em empreendimentos com aquisição de equipamentos, sabe-se que cada equipamento possui um tempo de vida e este precisa ser substituído ao fim desse período. A depreciação é entendida, conforme Souza e Clemente (2008), como a desgaste dos equipamentos utilizados. É uma parcela teórica de despesas relacionadas ao custo da produção que, embora não signifique um desembolso (mantém-se no caixa), são valores acumulados durante a vida útil desses equipamentos que permitem a aquisição de um outro ou similar no momento da sua substituição.

### 2.13.2 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

Para qualquer investimento, a decisão de não serem empregados recursos no empreendimento significa que estes mesmos recursos serão aplicados em um outro tipo de investimento. Portanto, a decisão de investir, terá pelo menos duas alternativas: investir no projeto ou na Taxa Mínima de Atratividade (TMA), isto é, se o capital não for investido no projeto, entende-se que

os valores serão aplicados em algum tipo de aplicação financeira de renda fixa. A TMA é um valor, normalmente médio, das taxas de juros com baixo grau de risco praticadas pelo mercado (SOUZA; CLEMENTE, 2008). Conforme Lima et al. (2015), é comum, no Brasil, a TMA ser equivalente à rentabilidade da caderneta de poupança para pessoas físicas e, para pessoas jurídicas, a SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) - é a taxa de juros básica utilizada para definição de outras taxas de juros no país.

Está implícito que o capital será aplicado à TMA quando não estiver empregado em um investimento, em vez de estar no caixa da empresa. Nesses termos, o conceito de riqueza gerada pelo investimento deve levar em conta apenas o lucro excedente, descontados os rendimentos da TMA, chamado de lucro residual (SOUZA; CLEMENTE, 2008). Em outras palavras, de todo lucro gerado pelo empreendimento, só será considerado o que exceder o que já se tem (rendimentos da TMA), isto é, o capital terá rendimento da aplicação à TMA e esses ganhos devem ser descapitalizados dos rendimentos previstos do projeto.

### 2.13.3 VALOR PRESENTE

Os valores monetários tem significados diferentes em tempos distintos, isto é, determinado valor monetário em uma data futura não tem o mesmo poder de aquisição se comparado à um mesmo valor na data presente. Portanto, para valores monetários serem comparados em análises financeiras, esses são descontados à TMA em cada período, assim chegando ao seu valor presente ou atual. O resultado da descapitalização do fluxo de caixa para a data presente é chamado de Valor Presente (VP) do projeto, conforme equação 17 (RASOTO et al., 2012).

$$VP = \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n} \quad (17)$$

No qual:

- $n$  - um período qualquer (mês ou ano, por exemplo);
- $N$  - Horizonte de Planejamento ou Análise;
- $TMA$  - Taxa Mínima de Atratividade;
- $FC_n$  - fluxo do caixa no período  $n$ .

O Valor Presente Líquido (VPL), equação 18, é a descapitalização de todos os valores do FCL para a data presente, incluindo o investimento inicial. Souza e Clemente (2008) descrevem que o valor positivo do VPL representa que o projeto remunera o investimento inicial

$(FC_0)$ , os rendimentos da TMA e ainda resta excesso de caixa.

$$VPL = -|FC_0| + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+TMA)^n} = VP(B) - VP(C) \quad (18)$$

Em que:

- $FC_0$  - investimento inicial;
- $FC_n$  - fluxo do caixa no período  $n$ ;
- $n$  - um período qualquer (mês ou ano);
- $N$  - Horizonte de Planejamento;
- $TMA$  - Taxa Mínima de Atratividade;
- $VP(B)$  - fluxo do caixa dos benefícios;
- $VP(C)$  - fluxo do caixa dos custos.

O VPL representa a diferença, descapitalizada à TMA, do fluxo de benefícios -  $VP(B)$  na equação 19 - e do fluxo de despesas -  $VP(C)$ , equação 20 (RASOTO et al., 2012).

$$VP(B) = \sum_{n=0}^N \frac{B_n}{(1+TMA)^n} \quad (19)$$

$$VP(C) = \sum_{n=0}^N \frac{|C_n|}{(1+TMA)^n} \quad (20)$$

Na qual:

- $n$  - um período qualquer (mês ou ano);
- $N$  - Horizonte de Planejamento;
- $TMA$  - Taxa de Mínima Atratividade;
- $B_n$  - benefícios no período  $n$ ;
- $C_n$  - custos no período  $n$ .

Projetos com horizontes de planejamento diferentes não podem ser comparados pela VPL, de tal forma que se torna necessário comparar os projetos em períodos iguais, como um

ano ou mês. Assim, o VPLA (Valor Presente Líquido Anualizado), equação 21, é o indicador que representa o VPL por período. Ou seja, tem o mesmo significado da VPL, porém é interpretado periodicamente (excesso de caixa por período).

Embora a VPLA positiva represente lucro do projeto, isto não é suficiente para saber se o projeto é atrativo ou não.

$$VPLA = \frac{VPL \cdot TMA \cdot (1 + TMA)^N}{(1 + TMA)^N - 1} \quad (21)$$

Em que:

- *VPLA* - Valor Presente Líquido Anualizado;
- *N* - Horizonte de Planejamento;
- *TMA* - Taxa de Mínima Atratividade.

#### 2.13.4 ÍNDICE DE BENEFÍCIO/CUSTO (IBC)

O Índice de Benefício/Custo (IBC), equação 22, é a razão entre o valor presente (descapitalização do efeito da TMA) dos benefícios sobre o valor presente dos investimentos. O IBC representa o valor esperado de ganho por unidade de capital investido, por isso deve ser maior que 1 (um) para que o projeto seja lucrativo (RASOTO et al., 2012).

$$IBC = \frac{VP(B)}{VP(C)} \quad (22)$$

Em que:

- *VP(B)* - fluxo do caixa dos benefícios;
- *VP(C)* - fluxo do caixa dos custos.

#### 2.13.5 RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO

O ROIA, Retorno Adicional sobre o Investimento (equação 23) é, em termos percentuais, a riqueza que o investimento pode gerar (SOUZA; CLEMENTE, 2008). Considera que o capital disponível para o investimento já teria a aplicação da TMA e que o ROIA representa o ganho adicional do investimento no projeto. É a melhor estimativa de retorno do investimento. Todavia, a decisão de investir depende do grau de propensão de assumir mais ou menos riscos

do decisor (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

$$ROIA = \sqrt[N]{IBC} - 1 = IBC^{(\frac{1}{N})} - 1 \quad (23)$$

Em que:

- *N* - Horizonte de Planejamento;
- *IBC* - Índice de Benefício/Custo.

Em outras palavras, o ROIA representa o percentual de retorno por período além da TMA. Por outro lado, o indicador ROI (Retorno sobre o Investimento), equação 24, corresponde ao retorno por período e pode ser comparado à TMA (RASOTO et al., 2012).

$$ROI = (1 + TMA)(1 + ROIA) - 1 \quad (24)$$

Em que:

- *ROIA* - Retorno Adicional sobre o Investimento;
- *TMA* - Taxa Mínima de Atratividade.

Ainda, pode-se obter o percentual de ganho do projeto além da TMA: Índice ROI-A/TMA, conforme equação 25.

$$\text{Índice } ROI/A/TMA = \frac{ROIA}{TMA} \quad (25)$$

Em que:

- *ROIA* - Retorno Adicional sobre o Investimento;
- *TMA* - Taxa de Mínima Atratividade.

### 2.13.6 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR), representa a taxa de rendimento do projeto (equação 26). Ela é a taxa de rendimento em que o fluxo de caixa do projeto tem o VPL nulo. Quanto maior for a TIR em relação à TMA, melhor será o investimento, e, o risco do mesmo aumenta proporcionalmente à medida em que a TIR se aproxima da TMA (SOUZA; CLEMENTE, 2008; RASOTO et al., 2012).

$$-|FC_0| + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} = 0 \quad (26)$$



Na qual:

- $FC_0$  - investimento inicial;
- $FC_n$  - fluxo do caixa no período  $n$ ;
- $n$  - um período qualquer (mês ou ano);
- $N$  - Horizonte de Planejamento.

Se o Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA) pode ser calculado, a TIR não melhora a capacidade de decisão em relação ao retorno do investimento (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

### 2.13.7 PERÍODO DE RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO (*PAYBACK*)

O *Payback* é o período de recuperação do investimento, ou seja, o tempo para que o fluxo de benefícios supere o capital investido. Este indicador é definido pelo número mínimo de períodos de tempo ( $n$ ) necessário para que satisfaça a equação 27.

$$\sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n} \geq |FC_0| \quad (27)$$

Em que:

- $FC_0$  - investimento inicial;
- $FC_n$  - fluxo do caixa no período  $n$ ;
- $n$  - um período qualquer (mês ou ano);
- $N$  - Horizonte de Planejamento;
- $TMA$  - Taxa de Mínima Atratividade.

### 2.13.8 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade procura determinar o quanto as variações de desempenho do projeto irão afetar a viabilidade econômica ao ponto de torná-lo inviável. Três indicadores para esta avaliação dos investimentos foram propostos por Lima et al. (2015).

Primeiramente, a variação de TMA ( $\Delta TMA$ ), representa, em termos percentuais, o aumento máximo admitido à TMA antes de tornar o projeto inviável (equação 28).

$$\Delta TMA = \frac{TMA}{TIR} - 1 \quad (28)$$

Em que:

- $TIR$  - Taxa Interna de Retorno;
- $TMA$  - Taxa Mínima de Atratividade.

No segundo, a variação de custos ( $\Delta C$ ) é o aumento, também percentual, do total dos custos ao ponto em que o investimento se tornará inviável economicamente (equação 29).

$$\Delta C = IBC - 1 \quad (29)$$

Em que:

- $IBC$  - Índice de Benefício/Custo.

Em terceiro lugar, a variação de receitas ( $\Delta B$ ) se trata da redução máxima admitida ao total de benefícios antes de tornar o investimento inviável, também em termos percentuais (equação 30).

$$\Delta B = 1 - \frac{1}{IBC} \quad (30)$$

Em que:

- $IBC$  - Índice de Benefício/Custo.

Por fim, a variação de receitas e custos ( $\Delta BC$ ) representa a variação máxima admitida ao aumento dos custos ou redução das receitas antes de tornar o investimento inviável, em termos percentuais (equação 31).

$$\Delta BC = \frac{IBC - 1}{IBC + 1} \quad (31)$$

Em que:

- $IBC$  - Índice de Benefício/Custo.

## 2.14 CONSIDERAÇÕES

A revisão bibliográfica o contexto da eficiência energética no mundo, de forma que pode ser percebida a importância do planejamento e gestão da energia nas instituições. Não

obstante, o desenvolvimento de um processo de gestão de energia necessita, fundamentalmente, de indicadores para medir o grau de uso da energia nessa instituição. Nesse aspecto a literatura não é suficientemente objetiva em relação a quais indicadores devem ser desenvolvidos para a gestão da EE.

Por outro lado, a melhoria nos processos industriais a fim de incremento do desempenho energético necessita, de modo geral, investimentos nas instalações que gerem melhores índices EE. Assim tornando a avaliação econômica destes investimentos um requisito para o desenvolvimento de processos mais eficientes. Neste trabalho foi apresentada uma metodologia de análise de investimentos econômicos, ainda, os indicadores financeiros podem ser classificados conforme resumo apresentado no Quadro 4.

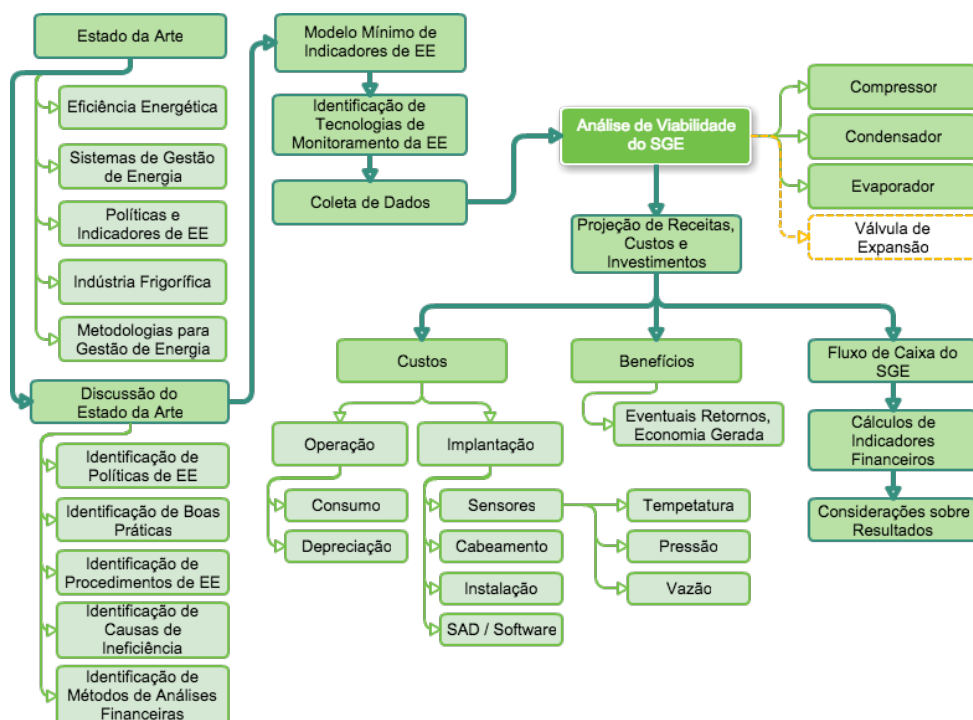
Indicador e fórmula	Descrição	Avaliação (Aceitável se)
<b>Retorno</b>		
$VP = \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+TMA)^n}$	Valor Presente	$VP >  FC_0 $
$VPL = - FC_0  + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+TMA)^n}$	Valor Presente Líquido	$VPL > 0$
$VPL_a = \frac{VPL \cdot TMA \cdot (1+TMA)^N}{(1+TMA)^N - 1}$	Valor Presente Líquido Anualizado	$VPL_a > 0$
$IBC = \frac{VP(B)}{VP(C)}$	Índice de Benefício/Custo	$IBC \geq 1$
$ROIA = \sqrt[N]{IBC} - 1 = IBC^{(\frac{1}{N})} - 1$	Retorno Adicional sobre o Investimento	$ROIA \geq 0$
Índice $ROIA/TMA = \frac{ROIA}{TMA}$	Percentual de ganhos além da TMA	$\frac{ROIA}{TMA} \geq 0$
$ROI = (1 + TMA)(1 + ROIA) - 1$	Retorno sobre o Investimento	$ROI \geq TMA$
<b>Risco</b>		
Payback: mínimo [n] para: $\sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+TMA)^n} \geq  FC_0 $	Período de Recuperação do Investimento	$Payback \leq N$ , isto é, período onde as entradas superam as saídas
TIR, taxa onde: $- FC_0  + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} = 0$	Taxa Interna de Retorno	TIR, taxa cuja: $TIR > TMA$
Índice $Payback/N = \frac{Payback}{N}$	Relação entre o tempo de retorno e N	$\frac{Payback}{N} \leq 1$
Índice $TMA/TIR = \frac{TMA}{TIR}$	Relação entre a TMA e TIR	$\frac{TMA}{TIR} \leq 1$
<b>Sensibilidade</b>		
$\Delta TMA_{\max\uparrow} = \frac{TMA}{TIR} - 1$	Varição aceitável da TMA	Aumento máximo admitido à TMA em que o projeto se mantém lucrativo
$\Delta C_{\max\uparrow} = IBC - 1$	Varição aceitável dos custos	Aumento máximo admitido aos custos em que o projeto se mantém lucrativo
$\Delta B_{\max\downarrow} = 1 - \frac{1}{IBC}$	Varição aceitável das receitas	Redução máxima das receitas em que o projeto se mantém lucrativo
$\Delta BC(C_{\max\uparrow} \cap B_{\max\downarrow}) = \frac{IBC-1}{IBC+1}$	Varição máxima das receitas e custos	Máximo de redução nas receitas e aumento nos custos em que o projeto se mantém lucrativo
Onde: $FC_0$ - Investimento inicial $FC_n$ - Saldo do caixa no período $n$ $VP$ - Valor Presente (descapitalização utilizando a TMA) $N$ - Horizonte de Planejamento		

**Quadro 4: Indicadores financeiros SAVEPI**

Fonte: Lima et al. (2015)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia descrita neste capítulo, visando análise de viabilidade técnica e econômica de implantação do sistema de gestão de energia, se suporta na pesquisa bibliográfica, na definição de indicadores de desempenho e tecnologias para o SGE e na sistemática de análise de viabilidade econômica. A metodologia do trabalho é apresentada no diagrama da Figura 16, sendo melhor descrita em seguida.



**Figura 16:** Fluxograma representativo dos métodos

#### 3.1 ESTADO DA ARTE, GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

No primeiro momento, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica ampla para o embasamento teórico do trabalho. A mesma, baseou-se em dados científicos internacionais e documentos oficiais, também, em entidades governamentais ou sindicatos por dados de produção e

do mercado das indústrias frigoríficas nacionais. A finalidade da mesma é caracterizar o estado da arte em relação à eficiência energética e a respeito dos programas de eficiência, métodos de planejamento e gestão energética, da indústria frigorífica de frangos e a visão das suas prioridades. Com destaque para um maior aprofundamento para métodos de gestão e planejamento de sistemas de gestão energética, além da identificação dos indicadores de eficiência energética.

Posteriormente à revisão de bibliografia, foi feito um refinamento das informações por meio da identificação de políticas, boas práticas e procedimentos de EE, causas de ineficiência, sistemas de aquisição de dados e supervisão. Nessa etapa, identificando métodos de análise econômica a serem utilizados em estudos de viabilidade econômica.

### 3.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR MEIO DE INDICADORES

A avaliação da eficiência energética ocorre observando o desempenho da indústria frigorífica em dois períodos de tempo, antes e após ações de melhoria do processo de produção. Isto foi realizado comparando um determinado grupo de indicadores escolhidos para o processo de gestão energética. O quadro da situação energética organizacional pode ser feito usando alguns indicadores, definidos pela organização. Contudo, no Brasil há poucas referências para definição desses indicadores. Desta maneira, o trabalho identificou indicadores de desempenho relacionados ao uso de energia para fornecer ferramentas às empresas para estabelecerem a linha de base energética. Em primeiro lugar, para perseguir a EE, a indústria precisa fazer um diagnóstico do uso de energia da organização - revisão energética. Deste modo, cria-se a linha de base usada para comparar a situação da indústria frigorífica após implementações de quaisquer medidas de EE.

Entende-se que minimamente a indústria frigorífica pode monitorar, com pouco esforço, esses indicadores de desempenho: o consumo total de energia elétrica, o custo por unidade de produção, o valor financeiro gerado e desempenho anual. No entanto, poucos indicadores são usados para monitorar o sistema de refrigeração visto que este consome a maior parte da energia elétrica. E, ainda minimamente, para a indústria frigorífica desenhar uma imagem de desempenho do sistema de refrigeração é preciso estabelecer a relação de consumo de energia e entrega de refrigeração nos processos industriais. Esta mínima supervisão da eficiência energética pode ser obtida encontrando a razão entre a quantidade de Quilowatt-hora (kWh) por toneladas de refrigeração (TR) produzidas.

Este trabalho desenvolveu indicadores necessários para um sistema de monitoramento do setor de refrigeração, considerando a maior porção do consumo desse sistema residir no sis-

tema de compressão. De modo que tais indicadores permitam identificar quedas de eficiência. Contudo, isto não é suficiente para identificar o problema causador da ineficiência e a investigação é necessária. Esse foi o primeiro passo para o amplo monitoramento do SGE, no qual também sejam monitoradas as eficiências dos condensadores, evaporadores e válvulas de expansão.

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE SUPERVISÃO DISPONÍVEIS PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

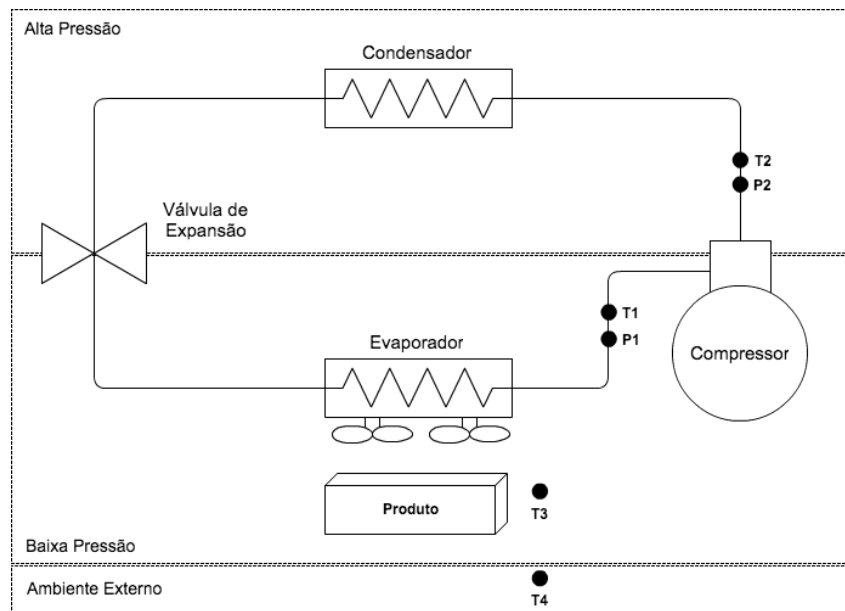
Inicialmente, definindo os indicadores que serão medidos pelo sistema e, posteriormente, o desenvolvimento de estudos de viabilidade técnicos e econômicos para SGE - objeto deste trabalho - requer que sejam identificadas as tecnologias necessárias para um sistema de monitoramento da eficiência energética. Considerando que a indústria frigorífica de aves, em seu processo de abate possui normalmente três regimes de temperatura nos seus sistemas de refrigeração:

- Congelamento: com necessidade de resfriamento do sistema de amônia em temperaturas próximas de  $-35^{\circ}\text{C}$ ;
- Chiller (resfriamento): com temperaturas de  $-5^{\circ}\text{C}$ ; e,
- Climatização: com temperaturas próximas a  $0^{\circ}\text{C}$ .

Cada regime do processo de refrigeração dispõe, normalmente, dos seus próprios equipamentos compressores, sendo que os de maior porte são usados no regime de congelamento.

São necessários sensores para cada uma das grandezas (temperatura e pressão), conforme os pontos de medição apresentados da Figura 17. Entende-se que não será necessário medir tais grandezas na entrada e saída de cada equipamento do sistema, pois partes dos processos de refrigeração ocorrem em pressão e temperatura constantes. Basta que sejam monitoradas as temperaturas e pressão na entrada e saída do sistema de compressão (T1,P1,T2 e P2), além das temperaturas do produto (ambiente refrigerado) e do ambiente externo - T3 e T4, respectivamente.

Nesse estudo são utilizados diferentes cenários para instalação do sistema de monitoramento da EE e, em cada um deles, os equipamentos utilizados são identificados pelo de menor valor, maior valor e o de valor mais provável - média de valor das tecnologias identificadas -, este último, porém, sem relação com alguma tecnologia.



**Figura 17: Esquema simplificado do sistema de refrigeração e pontos de medição de temperatura e pressão**

Cada cenário é descrito como segue:

- Cenário 1 (C1): a escolha dos equipamentos considera a compatibilidade com o regime de temperatura de congelamento e a instalação de sensores apenas na tubulação antes e depois do conjunto de equipamentos compressores;
- Cenário 2 (C2): também considera a compatibilidade com o regime de congelamento, porém com requisito de implantação de sensores na sucção e descarga de cada equipamento em um sistema com três compressores;
- Cenário 3 (C3): para os regimes de *chiller* e climatização no qual há a instalação de sensores apenas na tubulação antes e depois do conjunto de equipamentos compressores;
- Cenário 4 (C4): considera a compatibilidade com os regimes *chiller* e climatização ocorrendo a implantação de sensores na sucção e descarga de cada equipamento em um sistema com três compressores.

O levantamento de dados das tecnologias de sensores cataloga as seguintes informações de cada tipo de sensor: faixa de operação compatível com faixa de temperatura a medir, modelo, fabricante e valor de aquisição. Ademais, a vida útil destes equipamentos ser maior de dez anos não estimando substituições de equipamentos, pois o horizonte de planejamento destas análises de investimentos é limitado a dez anos em razão das indústrias apresentarem pouca disposição para investir em prazos longos.

Dando sequência ao levantamento desses dados, também devem ser identificadas as tecnologias de aquisição de dados (equipamentos e sistemas de supervisão), relacionando: tipo de sistema de aquisição, fabricante, número de entradas, consumo de energia, custo e a disponibilidade de um *software* de gerenciamento. Em cada cenário da análise de viabilidade econômica, o Sistema de Aquisição de Dados (SAD) compatível com o número de entradas necessário.

Simultaneamente, em cada cenário, estima-se que as distâncias dos pontos de medição até o painel de ligação com o sistema de aquisição desses dados está entre dez a trinta metros. De modo que a análise de viabilidade econômica, além dos custos de aquisição dos sensores, incluirá os custos de cabeamento (cabos, filtros e amplificadores de sinal) disponibilizados pelo fabricante dos equipamentos coletores dos dados ou SAD.

Os custos de implantação desses equipamentos não são apresentados nas análises de investimentos descritas. Pois, quando é efetuado pelos responsáveis internos da indústria não geram aumento nos custos operacionais. E ainda, quando o serviço é externo, em geral, disponibilizado pelo fornecedor do sistema de aquisição de dados e incluso no valor do produto. Podendo haver custos de manutenção dos sistemas ou licenças de *software*.

### 3.4 INDICADORES DE ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Posterior a coleta de dados descrita e com dados financeiros levantados para a implantação e operação de um SGE, iniciará a etapa de análise dos investimentos considerando as projeções de custos para cada cenário. Posto que há uma grande quantidade de tecnologias disponíveis para a composição de um sistema de monitoramento da EE, além das diversas arquiteturas possíveis para o mesmo, não há um modelo de sistema de monitoramento que possa ser aplicado à qualquer indústria.

Desta forma, as análises de viabilidade econômica apresentadas por este trabalho, não são planejadas para propor um modelo de sistema de monitoramento das grandezas relacionadas à eficiência energética de um sistema de refrigeração de propósito geral. Por isso, elas utilizam valores aproximados da composição desse sistema, assim, cada cenário é ramificado em três outros onde são utilizados: o menor valor pesquisado de cada componente do sistema; o maior valor; e, a média de valores dos equipamentos pesquisados. Embora com menor confiabilidade, gerando mais informações de indicadores econômicos podem dar ao analista do investimento uma melhor imagem das alternativas de investimento.

Indicadores variados são propostos para a análise de viabilidade econômica, separados



em três grupos: de retorno, risco e sensibilidade. Os primeiros indicadores são relacionados ao retorno do investimento, indicando lucro ou não do projeto:

- Valor Presente (VP): sendo maior que o investimento inicial, indica que os benefícios superam os custos, equações 20 e 19;
- Valor Presente Líquido (VPL): VP, descontando a TMA e o  $FC_0$ , equação 18;
- Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa): VPL no período de um ano, equação 21;
- Índice de Benefício/Custo (IBC): ganho por unidade de capital investido, equação 22;
- Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA): ganho adicional do investimento, equação 23;
- Índice ROIA/TMA: percentual de ganhos além da TMA;
- ROI: retorno por período com a implantação do projeto.

O segundo grupo de indicadores são relacionados ao risco, isto é, avaliam o risco do projeto ser inviável em relação ao seu rendimento e tempo de retorno do investimento:

- *Payback*: período de recuperação do investimento, equação 27;
- Taxa Interna de Retorno (TIR): taxa de rendimento do investimento, equação 26;
- Índice Payback/N: risco do projeto não alcançar retorno;
- Índice TMA/TIR: percentual de ganho da TMA em relação à TIR.

O terceiro grupo de indicadores apontam para a sensibilidade do investimento, a fim de demonstrar o limite de variações em TMA, custos e receitas mantendo viável o projeto:

- Variação da TMA: limite percentual em que a TMA pode aumentar e o investimento se manteria viável, equação 28;
- Variação dos Custos: limite percentual em que os custos podem aumentar e o investimento se manteria viável, equação 29;
- Variação das Receitas: limite percentual em que os benefícios podem diminuir e o investimento se manteria viável, equação 30;

- Variação dos Custos e Receitas: alteração máxima admitido nas receitas e custos antes de inviabilizar o empreendimento, equação 31.

Em primeiro lugar, são projetados os fluxos de caixa (FC) de cada modelo de investimento. Consideram-se os custos de implantação: aquisição de sensores, cabeamentos e sistema de aquisição de dados. Além dos custos de operação: consumo e depreciação dos equipamentos - sendo os valores de depreciação idênticos ao valor de aquisição.

As projeções de receitas simulam economias percentuais em relação ao custo total de energia mensal do sistema de refrigeração. Baseando-se em dados de consumo coletados em um frigorífico por este trabalho, estipula-se o consumo aproximado de uma indústria frigorífica de médio porte seja de 1.000.000 kWh/mês à uma tarifa de 0,3 R\$/kWh, então, o custo de energia elétrica mensal é de: R\$ 300.000,00. As análises considerarão valores de economia mensal mínima necessárias em relação aos gastos de energia elétrica que tornem o investimento viável. Dois indicadores financeiros foram avaliados inicialmente: payback e TIR, comparando-os em uma escala de receitas para cada cenário: entre 1% a 10% de economia no valor mensal de energia elétrica, variando em 2,5%. E, posteriormente, escolhido para as análises, o percentual que torna a maior parte dos cenários de investimentos viáveis em um prazo menor do que 10 anos - período definido como horizonte de planejamento - e cenários com paybacks maiores do que este são descartados. Por fim é avaliada a capacidade de serem alcançadas tais escalas de economia.

Em análises econômicas é sabido que valores no presente são diferentes de valores no futuro, portanto, os fluxos de custos, benefícios e saldo das projeções do FC são descapitalizados sobre a média da taxa base de juros SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) do último ano, a ser usada como Taxa de Mínima Atratividade (TMA). Os valores financeiros do FC terão descontados a TMA em cada período utilizando a média da taxa SELIC no ano de 2014 que foi de 0,87% ao mês.

A qualidade das informações de entrada para as análises adicionam confiabilidade aos resultados. Devendo ser considerados critérios ponderáveis, como custos de implantação e riscos, porém, outros critérios imponderáveis como: segurança, fácil manutenção e qualidade não são considerados. Logo, a estimativa dos valores nem sempre pode ser tão rigorosa, para que os dados de entrada não prejudiquem a decisão do analista, cada análise de cenário é ramificada na escolha dos equipamentos - adequados sob o ponto de vista técnico - que apresentem os valores mais baratos, mais caros e usando valores medianos. Certos eventos imponderáveis qualificam a análise, mas não sendo quantificáveis, podem ser especificados para subsidiar a decisão do analista. Pois, em alguns casos, a alternativa econômica viável apontada pelos dados

quantitativos, não é a melhor opção.

### 3.5 FERRAMENTA DE ACOMPANHAMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Sob a ótica de que as análises econômicas descritas não podem ser fiéis com a realidade da indústria, devido ao número de incertezas e das necessidades de cada uma, foi proposta uma ferramenta de *software* com a finalidade de auxiliar os frigoríficos de aves em análises de seus investimentos considerando essas características particulares.

Também, a ferramenta auxilia no desenvolvimento da gestão de EE por meio do acompanhamento dos indicadores propostos neste trabalho. Habilitando à indústria frigorífica manter dados da revisão energética para geração dos indicadores mínimos de EE e acompanhamento do histórico dos mesmos. Além de fornecer informações de comparação do desempenho energético das indústrias usuárias desta ferramenta. Mas também, prover um mecanismo de simulação de investimentos em sistemas de refrigeração que utilize a metodologia de análise de viabilidade econômica deste trabalho.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentadas discussões dos dados levantados com a pesquisa e os resultados obtidos do trabalho. Em primeiro lugar, a gestão de energia e problemas de eficiência energética na refrigeração industrial. Então são definidos indicadores para a gestão energética da indústria frigorífica e do ciclo de refrigeração. Posteriormente, os indicadores de EE são relacionados com os fatores que influenciam a EE da indústria frigorífica. Em seguida, são apresentadas tecnologias disponíveis para sistemas de monitoramento para o setor de refrigeração e, as análises econômicas propostas. Por fim, é apresentada a ferramenta de análise de investimentos desenvolvida para as indústrias frigoríficas.

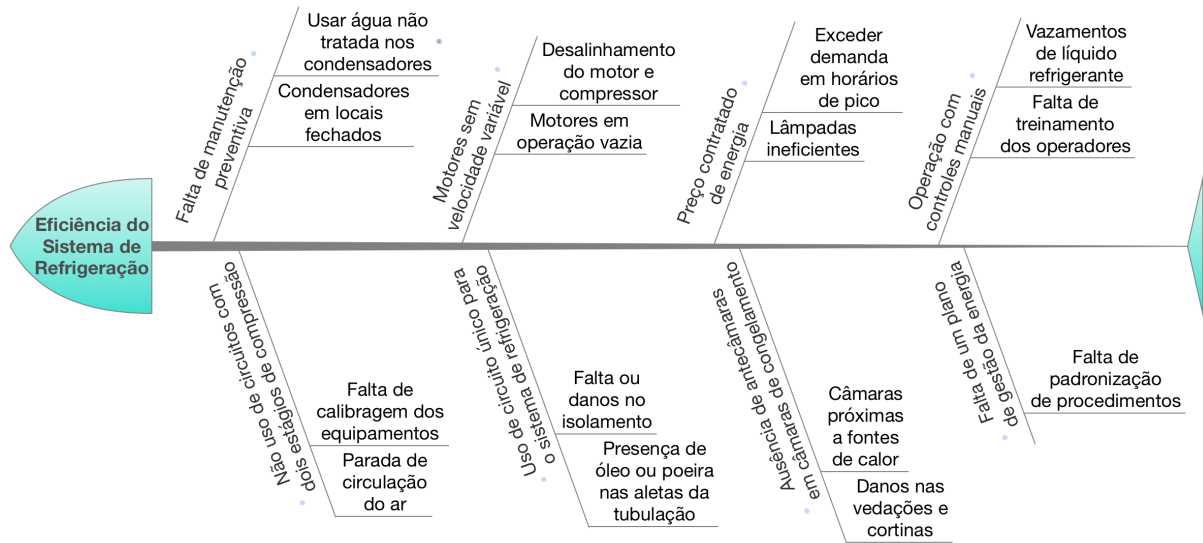
### 4.1 GESTÃO DA ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

A gestão energética se depara com o processo de planejamento, melhorias e verificação conforme um modelo de gestão - para a ISO 50.001, o PDCA. Para qualquer plano de eficiência energética é essencial identificar o desempenho do processo antes e depois da aplicação das ações de melhoria, chamado de Linha de Base Energética, e obtido pelo monitoramento dos indicadores de desempenho. A implantação de um sistema de gestão da energia na indústria frigorífica induz a criação de uma cultura de eficiência e, que pode ser a porta de entrada para o desenvolvimento da mesma em toda a organização. E, posteriormente, a cultura da eficiência financeira, produtiva e nas demais alçadas da instituição, tornando-a mais competitiva.

O acompanhamento do consumo de energia é parte fundamental para o SGE e, só é praticável quando há um monitoramento dos indicadores de eficiência energética, o que dificilmente iria ocorrer de forma manual. Identificar causas de ineficiência no processo industrial não é uma tarefa fácil sem a existência de sensores capazes de obter informações sobre o uso de energia.

Essencialmente, para obter eficiência, busca-se encontrar oportunidades de melhorias no processo industrial que mais contribui para o consumo de energia. Na indústria frigorífica, o setor de refrigeração está sujeito à diversos fatores que impactam no desempenho energético,

alguns estão elencados no diagrama apresentado na Figura 18.



**Figura 18: Fatores que afetam a EE do setor de refrigeração**

Outros fatores que influenciam a EE e prováveis soluções são apresentados no tópico 4.3 e relacionados com indicadores de avaliação da eficiência energética propostos neste trabalho nos tópicos seguintes.

## 4.2 INDICADORES MÍNIMOS PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A utilização de indicadores é uma ferramenta importante para destacar as condições do sistema e os respectivos caminhos para evoluir. Eles têm a propriedade de separar aspectos importantes de uma gama de informações e, portanto, podem auxiliar o processo de tomada de decisões. Os indicadores são necessários no processo de acompanhamento, avaliação e diagnóstico dos sistemas estudados.

Este trabalho define cinco indicadores mínimos para um primeiro passo em direção a uma gestão de eficiência energética para abatedouros de frango. Esses indicadores, em boa parte são baseados nos modelos apresentados pela literatura, porém com adaptações. Os cinco primeiros, resumidamente, são apresentados na Tabela 1 e comentados em seguida.

O primeiro, equação (8), representa o **Consumo de Energia Total (TEC)** de eletricidade em um período de tempo (kWh/mês), isto é, o consumo total de energia elétrica mensal. Ele está presente nessas indústrias visto que pode ser facilmente obtido da conta de energia elétrica. Para obter esse indicador, o consumo de energia é medido no painel geral de alimentação (ou a conta de energia elétrica). Quanto menor o valor deste indicador, melhor o

**Tabela 1: Indicadores mínimos para avaliação da eficiência energética**

Indicador	Equação	Avaliação
TEC - Consumo de Energia Total (equação 8)	$TEC = \frac{kWh}{mês}$	Quanto menor, melhor
$UC_e$ - Custo Unitário (equação 10)	$UC_e = \frac{kWh}{kg}$	$UC_e < 0,24$
AUC - Evolução do Custo Unitário Anual (equação 32)	$AUC = UC_{e_{ano1}} - UC_{e_{ano2}}$	$AUC < 0$
GFV - Valor Financeiro Gerado (equação 3)	$GFV = \frac{\text{Custo total de energia (R\$)}}{\text{Saídas da produção (R\$)}} \cdot 100$	$GFV < 100$
SEC - Consumo Específico de Energia (equação 33)	$SEC = \frac{\text{Consumo específico de energia (kWh)}}{\text{Capacidade de refrigeração (TR)}}$	-

desempenho energético, desde que avaliado em diferentes períodos sob o mesmo volume de produção.

O segundo indicador mais importante para EE nos abatedouros de frango está relacionado com a produção devido à necessidade da indústria frigorífica de acompanhamento desses dados. Comparando com os dados de produção, há o consumo de eletricidade pela produção total de carne de frango para obter o **Custo Unitário** ( $UC_e$ ). A equação (10) representa a quantidade de Watts hora consumidos por quilo de carne de frango produzido. Se houverem outras fontes de energia do que a eletricidade, as suas unidades devem ser convertidos em uma unidade comum e somadas para o cálculo desse indicador. Diferentemente do TEC, o indicador  $UC_e$  relaciona os dados de produção e é melhor avaliado quanto menor for o seu valor, pois não há um valor de referência estipulado na literatura. Contudo, neste trabalho são apresentados os  $UC_e$  de três indústrias (tópico 4.3.1), assim estima-se que este indicador deva ser menor que a média dos valores, ou seja, menor do que 0,24.

Revisões anuais da organização sobre o consumo total de energia é outro indicador importante e de fácil obtenção. A Economia Anual (AS) - representada pela equação (9) - consiste em comparar o consumo de energia de um ano para o outro, em quilo Watts hora. Este indicador desconsidera que os valores de produção são diferentes de um ano para outro. Portanto, para compor o quadro de indicadores mínimos de EE, propõe-se uma modificação neste indicador que compare o custo unitário de um ano (ano atual) em relação ao outro (ano anterior). Assim, incluem-se a relação entre a produção e consumo de ano a ano, conforme equação (32), a **Evolução do Custo Unitário Anual (AUC)**. Este indicador é avaliado bom quando seu valor for menor do que zero, indicando uma redução do  $UC_e$  de um ano ao outro.

$$AUC = UC_{e_{ano1}} - UC_{e_{ano2}} = \left[ \frac{hWh}{kg} \right]_{ano1} - \left[ \frac{hWh}{kg} \right]_{ano2} \quad (32)$$

Os indicadores descritos são importantes para a gestão de EE da indústria frigorífica e controle pelo supervisor técnico. No entanto, o interesse dos empresários reside no ganho de capital, aspecto que justifica o indicador apresentado na equação (3) e apresenta o **Valor**

**Financeiro Gerado (GFV)**, isto é, descreve uma visão em valores monetários a relação dos custos totais de energia sobre o lucro gerado da produção. Sendo bem avaliado quando seu valor for menor do 100%.

#### 4.2.1 CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

Os quatro primeiros indicadores mínimos para gestão da EE podem ser facilmente acompanhados pelas indústrias frigoríficas e, geralmente estão disponíveis, não havendo problemas em obtê-los. Porém, para completar o quadro de uma gestão mínima de EE, um dos fatores chave para evitar o desperdício e minimizar o custo de energia elétrica é o controle de equipamentos da refrigeração industrial. Os números envolvidos neste segmento são muito elevados, demonstrando a importância de utilização de um painel de energia elétrica específico (painel intermediário) para o setor de refrigeração. Com medições no sistema de refrigeração é possível implementar o indicador de eficiência de energia chamado **Consumo Específico de Energia (SEC)**, representado por kWh por toneladas de refrigeração (TR), conforme a equação (33). Ressalta-se que quando outra fonte de energia é utilizada deve ser incluída nessa equação, em kWh.

$$SEC = \frac{\text{Consumo específico de energia (kWh)}}{\text{Capacidade de refrigeração (TR)}} \quad (33)$$

Descreve o consumo real do setor de refrigeração (kWh) para produzir uma TR em câmara fria e outros equipamentos, ou seja, o desempenho do sistema de refrigeração e do próprio design do sistema. Níveis elevados deste indicador podem significar ganho excessivo de calor em tubos e presença de sujeira no condensador, entre outros. Desse modo, é melhor avaliado quanto menor for o seu valor, além de não haver um valor de referência devendo ser estipulado um de acordo com o dimensionamento do sistema de refrigeração da indústria. Esse indicador determina a eficiência do sistema (incluindo a gestão, manutenção, operação e tecnologia implantada) e monitora o consumo de energia do mesmo.

A TR pode ser determinada conhecendo temperatura, pressão e vazão mássica conforme apresentado no Capítulo 2, tópico 2.12. As medições de temperatura, pressão e vazão mássica são implementadas na entrada dos compressores e o consumo medido no painel de alimentação do conjunto de compressores para determinada linha de refrigeração. A vazão mássica pode ser determinada, com menor confiabilidade, pelas características de trabalho de cada compressor. Outras maneiras simples de monitorar o desempenho dos componentes do sistema de refrigeração são apresentados nos subitens seguintes.

#### 4.2.2 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO CICLO DE REFRIGERAÇÃO

Os indicadores anteriormente descritos fornecem uma visão mais ampla da EE, enquanto outros indicadores são propostos neste tópico para monitoramento da EE no ciclo de refrigeração. Estes micro indicadores relacionam o desempenho energético do ciclo de refrigeração e seus componentes. De modo que devem ser definidos valores de referência de acordo com o dimensionamento deste sistema na indústria frigorífica, ou seja, sua avaliação depende do projeto do sistema de refrigeração. Esses indicadores são descritos em seguida e apresentados resumidamente na Tabela 2 com suas respectivas fórmulas.

**Tabela 2: Indicadores de desempenho do ciclo de refrigeração**

<b>Indicador</b>	<b>Equação</b>
$C_{PEE}$ - Desempenho Energético do Compressor (equação 34)	$C_{PEE} = \frac{T_{A2} - T_{A1}}{E_{cp}}$
$CO_{EE}$ - Desempenho Energético do Condensador (equação 37)	$CO_{EE} = \frac{T_p - T_{amb}}{E_{co}}$
$EV_{EE}$ - Desempenho Energético do Evaporador (equação 38)	$EV_{EE} = \frac{T_p - T_{amb}}{E_{ev}}$
$\Delta P_{(A2,A1)}$ - Variação de Pressão (equação 35)	$\Delta P_{(A2,A1)} = P_{A2} - P_{A1}$
$\Delta T_{(A2,A1)}$ - Variação de Temperatura (equação 36)	$\Delta T_{(A2,A1)} = T_{A2} - T_{A1}$

Grande parte do consumo energético está no setor de refrigeração e no sistema de compressores. Desse modo, o monitoramento desses sistemas motrizes é importante. O processo de compressão altera a temperatura e pressão do fluido refrigerante, dessa maneira uma forma simples de monitorar o desempenho destes equipamentos pode ocorrer medindo a temperatura do fluido na sucção do compressor (Figura 15b, A1) e no descarte do mesmo (Figura 15b, A2). A equação 34 relaciona o ganho de temperatura do fluido que atravessa os compressores com o consumo energético.

$$C_{PEE} = \frac{T_{A2} - T_{A1}}{E_{cp}} \quad (34)$$

Na qual:

- $C_{PEE}$  - Desempenho energético do compressor, em  $^{\circ}C/kWh$ ;
- $E_{cp}$  - Consumo energético do compressor, em  $kWh$ ;
- $T_{A1}$  - Temperatura do ponto A1, sucção do compressor (Figura 15b);
- $T_{A2}$  - Temperatura do ponto A2, descarga do compressor (Figura 15b).

Compressores de grande porte possuem sensores de temperatura já instalados o que



facilita a criação deste indicador, além disso, o consumo de energia elétrica do equipamento pode ser obtido do painel de alimentação específico, quando disponível.

Dessa maneira, acompanha-se o desempenho dos compressores e pode-se identificar a grande parte dos problemas do sistema pela variação destes dados, quando há muito ou pouco ganho de temperatura ou consumo excessivo de energia pelos equipamentos. Diferentemente, nos processos de condensação e evaporação, a pressão e temperatura do refrigerante são constantes, portanto monitorar tais grandezas na entrada e saída de cada equipamento não gera um bom benefício se não para identificação de falhas. Assim, propõe-se que sejam monitoradas as temperaturas e pressões nos pontos em que há mudança nestas grandezas.

A pressão e temperatura devem ser obtidas dos pontos A1 e A2 (sucção e descarga dos compressores) nos quais há alta pressão (A2) e baixa pressão (A1), do mesmo modo a pressão varia do ponto C1 (alta pressão) ao ponto C2 (baixa pressão), sendo as mesmas, respectivamente. Em primeiro lugar, observa-se a variação de pressão (equação 35) dos pontos A1 e A2 ao longo do tempo.

$$\Delta P_{(A2,A1)} = P_{A2} - P_{A1} \quad (35)$$

Na qual:

- $P_{(A2,A1)}$  - Variação de pressão, em Pa;
- $P_{A2}$  - Pressão do ponto 2 no ciclo de refrigeração, em Pa;
- $P_{A1}$  - Pressão do ponto 1 no ciclo de refrigeração, em Pa.

Em segundo lugar, a variação de temperatura (equação 36) entre os mesmos pontos observados para que seja possível determinar se há algum problema no sistema. Mudanças da diferença de temperatura e pressão ao longo do tempo podem sinalizar falhas no sistema mas não estão relacionadas ao consumo energético e, portanto, não são indicadores de eficiência energética.

$$\Delta T_{(A2,A1)} = T_{A2} - T_{A1} \quad (36)$$

Na qual:

- $T_{(A2,A1)}$  - Variação de temperatura, em °C;
- $T_{A2}$  - Temperatura do ponto 2 no ciclo de refrigeração, em °C;
- $T_{A1}$  - Temperatura do ponto 1 no ciclo de refrigeração, em °C.

Por fim, monitora-se a temperatura do ambiente a ser refrigerado (produto), sendo este o terceiro ponto de medição de temperatura e que permite relacionar o consumo energético com a manutenção do produto à baixa temperatura.

$$Co_{EE} = \frac{T_p - T_{amb}}{E_{co}} \quad (37)$$

Na qual:

- $Co_{EE}$  - Desempenho energético do condensador, em  $^{\circ}C/kWh$ ;
- $T_p$  - Temperatura do ambiente refrigerado (produto), em  $^{\circ}C$ ;
- $T_{amb}$  - Temperatura do ambiente externo, em  $^{\circ}C$ ;
- $E_{co}$  - Consumo energético do condensador, em  $kWh$ .

A equação (37) relaciona a temperatura do ambiente refrigerado com o consumo de energia elétrica do condensador. Da mesma forma, a equação (38) relaciona a mesma temperatura com o consumo de energia elétrica do evaporador. Esses dois indicadores apontam ganhos de consumo dos equipamentos para manutenção da temperatura do ambiente, podendo indicar problemas nos equipamentos ou mau gerenciamento como: portas abertas e vedação deficiente.

$$Ev_{EE} = \frac{T_p - T_{amb}}{E_{ev}} \quad (38)$$

Na qual:

- $Ev_{EE}$  - Desempenho energético do evaporador, em  $^{\circ}C/kWh$ ;
- $T_p$  - Temperatura do ambiente refrigerado, em  $^{\circ}C$ ;
- $T_{amb}$  - Temperatura do ambiente externo, em  $^{\circ}C$ ;
- $E_{ev}$  - Consumo energético do evaporador, em  $kWh$ .

#### 4.3 USO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

O uso de indicadores de EE é o primeiro passo lógico para o desenvolvimento de processos de gestão de energia nas indústrias frigoríficas. Justifica-se a necessidade de gestão no tópico seguinte, onde são apresentados estudos do custo unitário ( $UC_e$ ) nessas indústrias. Também elencam-se nos tópicos a seguir relações entre problemas de eficiência e suas ações corretivas com os indicadores estabelecidos anteriormente.

#### 4.3.1 CUSTO UNITÁRIO DA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

Alguns estudos foram feitos para verificar o alto consumo de energia elétrica na indústria frigorífica. Um primeiro, realizado no estado do Paraná por Zanin et al. (2002), em um frigorífico nomeado A cujo abate de 180 mil frangos por dia tendo um consumo total de energia de 38.650,36 kWh/dia. Seu setor de refrigeração consome 32.084,38 kWh/dia, o que representa 83% de toda a energia consumida e seu  $UC_e$  é 0,1517 kWh/kg de frango.

De acordo com Frozza (2013), outro abatedouro de frango (B) no mesmo estado abate uma média de 2.779,9 toneladas de carne de frango (média de dois anos). Seu consumo médio de eletricidade em 2011 e 2012 foi de cerca de 622.429,9 kWh e do setor de refrigeração consumindo um total de 12.100.038 kWh naqueles anos, correspondendo a 81% do consumo total. Seu  $UC_e$  é 0,2239 kWh/kg de carne de frango.

Um terceiro estudo realizado por este trabalho em um frigorífico C, no ano de 2013, teve em média uma produção de mais de 3 milhões de quilogramas de frango por mês naquele ano e um consumo médio mensal do sistema de refrigeração de 1.040.339,16 kWh. Chegou à um  $UC_e$  de 0,3312, uma performance bem inferior ao primeiro.

Os estudos descritos não abordam o consumo de energia do setor de refrigeração por capacidade de resfriamento - indicador SEC -, não sendo possível verificar o grau de ineficiência do sistema de refrigeração. Publicações sobre os resultados destes indicadores são escassos no cenário nacional as indústrias não divulgam as informações para sua proteção dos concorrentes e, também, o governo não tem acesso a essas informações para realizar comparações entre os dados de consumo de energia elétrica e determinar um indicador ideal de eficiência. Se tais dados forem transmitidos e divulgados às indústrias, poderiam-se obter indicadores com níveis mais eficientes, reduzir o consumo de energia elétrica e tornar seus processos mais competitivos entre si e com o mercado externo.

Comparando o frigorífico A e C, pode ser notado que o último consome 218,33% de energia elétrica para produzir o mesmo produto. Ainda há o desafio em saber qual será o valor ideal do  $UC_e$ , uma vez que tais dados não são divulgados. Em vista disso, as indústrias frigoríficas não tem condições de comparar seus desempenhos e nem quais ações devem tomar para melhoria do seu desempenho.

#### 4.3.2 INDICADORES E FATORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Alguns fatores ou problemas do sistema de refrigeração que podem influenciar a EE foram identificados, por meio de contatos com frigoríficos e adaptações de problemas identifica-

dos por Eletrobrás (2005). Esses problemas de EE e suas prováveis soluções são apresentados no Quadro 5, categorizados por tipo de equipamento, além de estarem relacionados com os respectivos indicadores que podem demonstrar alterações no funcionamento dos mesmos.

Os indicadores de desempenho dos equipamentos compressores ( $C_{PEE}$ ), evaporadores ( $E_{VEE}$ ) e condensadores ( $C_{OEE}$ ), relacionam temperaturas do sistema com o seus respectivos consumos de energia elétrica, assim podendo indicar flutuações de desempenho. Isso pode ser acarretado por falhas dos equipamentos como associados no Quadro 5.

Componente	Problemas	Prováveis soluções	Indicadores Relacionados
Compressor	Partidas e paradas muito frequentes	Substituição ou conserto; descongelar evaporador; verificar o controle de pressão	$C_{PEE}, E_{VEE}, \Delta P_{(A2,A1)}$
	Desalinhamento; operação vazia; vazamentos no compressor	Manutenção preventiva	$\Delta P_{(A2,A1)}, \Delta T_{(A2,A1)}, C_{PEE}$
	Pressão de descarga alta	Verificação dos níveis de refrigerante; retirar excesso de refrigerante; purgar gás não condensável; limpar tubos	$\Delta P_{(A2,A1)}, C_{PEE}$
	Pressão de sucção baixa	Limpeza do filtro da tubulação de líquido; eliminar vazamentos, completar com refrigerante	$\Delta P_{(A2,A1)}, C_{PEE}$
	Vazamentos de óleo; nível de óleo baixo ou diminuindo lentamente;	Consertar vazamentos; limpar ou trocar filtro ou válvula; completar o nível de óleo	$\Delta P_{(A2,A1)}, C_{PEE}$
	Ruídos	Parafusos frouxos; verificação geral do compressor	$C_{PEE}$
	Bolhas no visor de líquido	Consertar vazamentos	$C_{PEE}, \Delta P_{(A2,A1)}$
Evaporador	Tensão de correia incorreta; filtros sujos; correia do ventilador partida	Limpeza e descongelamento	$E_{VEE}$
	Sujeira ou gelo	Limpar ou trocar	$E_{VEE}$
	Carga excessiva	Verificar isolamento no ambiente refrigerado	$E_{VEE}$
	Queda de pressão excessiva	Verificar obstrução do equalizador externo	$E_{VEE}, \Delta P_{(A2,A1)}$
Condensador	Desligamento por alta pressão	Desobstruir tubos; adicionar água; limpar bicos e serpentina; verificar ventilador	$C_{OEE}$
	Equipamento excessivamente quente	Fazer purga; retirar excesso de refrigerante	$C_{OEE}$
	Funcionamento inadequado	Corrigir vazão de ar e água; limpar serpentina	$C_{OEE}$
	Excesso de água; falta de água	Ajustar válvula de água	$C_{OEE}$
Válvula de Expansão	Chiado quando fechada; diferença de temperatura nos dois lados	Consertar ou trocar válvula solenóide na tubulação de líquido	$\Delta T_{(A2,A1)}$
	Chiado; formação de gás na tubulação de líquido	Adicionar refrigerante	$\Delta P_{(A2,A1)}, \Delta T_{(A2,A1)}$
	Ciclagem rápida ou funcionamento contínuo	Ajustar válvula; verificar superaquecimento; substituir por válvula de capacidade correta	$\Delta P_{(A2,A1)}, \Delta T_{(A2,A1)}$
	Tubulação de sucção muito fria	Reparar ou substituir válvula; ajustar superaquecimento	$\Delta P_{(A2,A1)}, \Delta T_{(A2,A1)}$
Outros	Falta de refrigerante; vazamentos	Inspeção e consertos	$\Delta P_{(A2,A1)}, \Delta T_{(A2,A1)}$
	Alto consumo energético em motores e compressores	Substituição de motores padrão por motores de alto rendimento; sistemas de controle	$C_{PEE}, TEC, SEC, UC_e$
	Alto consumo energético no sistema	Diagnóstico energético; recontração de demanda; plano de eficiência energética; gerenciamento de demanda	$TEC, SEC, UC_e$
	Temperatura alta na área refrigerada	Verificar infiltração excessiva de ar e vedação	$SEC, UC_e$
	Temperatura baixa na área refrigerada	Ajustar termostato; verificar controle defeituoso	$SEC, UC_e$
	Ganho de calor nos espaços refrigerados	Instalação próxima a fontes de calor ou com incidência de raios solares; vedação de portas; cortinas de ar	$SEC, UC_e$

**Quadro 5: Relação de indicadores propostos e fatores que podem afetar a EE do ciclo de refrigeração**

Os indicadores  $TEC$ ,  $SEC$  e  $UC_e$  indicam problemas menos específicos, mas do ciclo de refrigeração de um modo generalizado. Quaisquer flutuações nos valores desses macro ou micro indicadores não apontam problemas específicos no sistema e são necessárias investigações para serem encontradas falhas. O desenvolvimento de indicadores de desempenho do ciclo de refrigeração é importante para a indústria acompanhar e resolver problemas, além de auxiliar o planejamento e implantação de melhorias.

#### 4.4 TECNOLOGIAS PARA SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DISPONÍVEIS PARA A INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

A indústria frigorífica dispõe de tecnologias para a criação de um SGE, embora ainda os fabricantes não tenham soluções adequadas para a implantação de um sistema de gestão de

energia. Idealmente, os equipamentos do sistema de refrigeração podem ter incorporados sensores para monitoramento da eficiência. Todavia, a indústria frigorífica dispõe em relação aos compressores, equipamentos com ou sem ferramentas de medição de variáveis como: temperatura, pressão e vazão. Dificulta a implantação do SGE, quando é necessário implantar estes sensores e operá-los por um sistema de supervisão. Em compressores de grande porte, por outro lado, é comum apresentarem sensores de temperatura e pressão incorporados ao equipamento com uma interface de monitoramento e maneiras de exportar os dados para outros sistemas. Alguns desses equipamentos, possuem interfaces de rede, cartões de memória para obtenção de tais dados, também pode haver compatibilidade com os protocolos Profibus ou Modbus para comunicação com sistemas de aquisição de dados.

A realidade dos sistemas de refrigeração industriais é a presença de poucos compressores de grande porte e responsáveis por grande parte do consumo elétrico. Assim, sendo necessária a implantação de sensoriamento nos outros equipamentos de menor porte para o monitoramento da eficiência energética completa do sistema de compressão.

*Softwares* também estão disponíveis para o sistema de refrigeração por amônia, para monitorar e controlar o sistema, com gráficos e planilhas. Alguns fabricantes relatam que é possível configurar seus sistemas para gerenciar a eficiência energética, contudo não são desenvolvidos para a gestão de EE.

Fabricante	Tecnologias Disponíveis
Bitzer S/A	Compressores parafuso
Carel Sud América Ltda.	Software; sensores; válvulas
Carrilee Comercial e Manutenção de Ar Condicionado Ltda.	Compressor parafuso; Equipamentos de refrigeração e climatização
Danfoss do Brasil Indústria e Comércio Ltda.	Válvula de expansão eletrônica; software de gerência de sala de máquinas; compressor alternativo; condensador evaporativo; evaporador inundado com recirculação forçada
Emerson Technologies	Software; compressor Vilter
Güntner do Brasil Representações Ltda.	Evaporador inundado de recirculação forçada; condensador evaporativo; vasos de pressão; máquina de gelo; trocador de calor a placa
Microblau Controles e Automação Ltda.	Desenvolvimento de software específico; sensores; CLP
Mipal Indústria de Evaporadores Ltda.	Evaporador inundado com recirculação forçada
Parker Hannifin Indústria e comércio Ltda.	Componentes do sistema de refrigeração por amônia; válvula solenoide, válvula de retenção; manômetro
Semco Equipamentos de Refrigeração Ltda.	Torre de resfriamento; condensador evaporativo
Testo do Brasil Instrumentos de Medição Ltda.	Equipamentos para medir temperatura, umidade, pressão diferencial e absoluta, velocidade do ar, ponto de orvalho

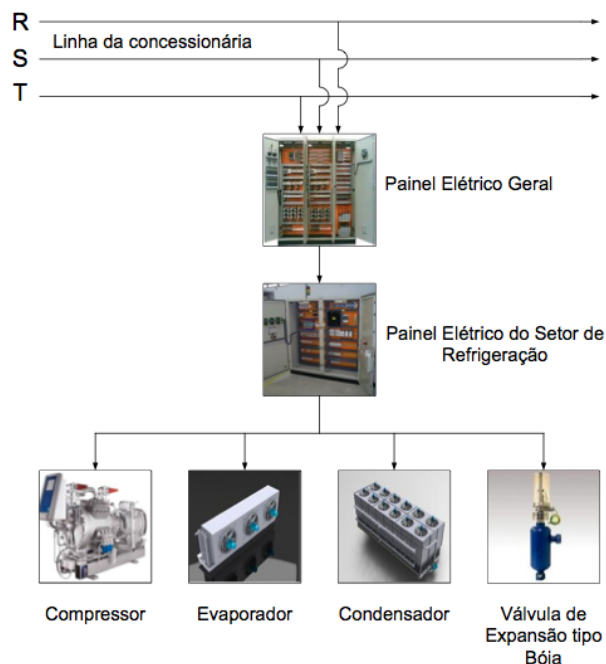
#### **Quadro 6: Fabricantes de equipamentos para a Indústria frigorífica**

No primeiro passo do estudo de viabilidade técnica, ocorreu a identificação de alguns fabricantes de equipamentos industriais, conforme dados obtidos na 18<sup>o</sup> Feira Internacional de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação, Aquecimento e Tratamento de Ar (FEBRAVA, 2013) e apresentados no Quadro 6, os quais são solicitados por informações mais detalhadas so-

bre as tecnologias e serviços para fornecer dados de entrada do estudo de viabilidade econômica proposto, com mais detalhes expostos nos tópicos seguintes.

#### 4.4.1 MEDIÇÕES DOS FLUXOS DE ENERGIA ELÉTRICA

Um dos procedimentos adotados para buscar a eficiência energética em unidades abatedouros de aves é monitorar os fluxos de energia. O diagrama na Figura 19 ilustra o fluxo de eletricidade e o painel intermediário do setor de refrigeração. Por intermédio desse monitoramento é possível obter nomeadamente o indicador TEC.



**Figura 19: Fluxo da eletricidade em abatedouros de aves**

**Fonte: FAO (2015)**

Há sistemas de medição de energia elétrica e controle de demanda, dando prioridade para as horas de pico e correção do fator de potência. Este sistema utiliza medidores e controladores que se comunicam por meio de cabos e enviam esses dados por intermédio da Internet para uma central e, desta forma, pode gerar gráficos e relatórios para monitoramento dos gestores.

Medições do consumo podem ser realizadas por meio de um analisador portátil de qualidade de energia elétrica. Em caso de acompanhamento permanente, é ideal instalar um medidor digital de energia conectado a um sistema de aquisição de dados.

#### 4.4.2 TECNOLOGIAS DE SENSOREAMENTO

Os sensores comumente utilizados para medir a temperatura são chamados termistores, em geral utilizados os tipos NTC ou PT100. Medições de pressão são feitas por transdutores de pressão ratiométricos. Além de sensores de nível, também podem ser utilizados medidores de vazão. Contudo, a vazão possa ser determinada pelas características de trabalho dos equipamentos de compressão, assim dispensando a utilização de sensores de vazão.

O catálogo completo dessas tecnologias de sensoriamento da temperatura e pressão são apresentadas no Apêndice E e, na Tabela 3, apresentam-se os transdutores de temperatura e valores selecionados para as análises econômicas propostas.

**Tabela 3: Tecnologias de sensoriamento de temperatura**

Modelo	Tipo	Fabricante	Temperatura de Operação			Valor (R\$)
			Mín. (°C)	Máx (°C)	Precisão (%)	
S-03K		Instrutherm	-70	850	0,5	111,61
TN2531	PT100	IFM	-40	150	0,1	1.406,03
<b>Valor Médio:</b>						540,11

Os transdutores de pressão selecionados, suas características e valores são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4: Tecnologias de sensoriamento de pressão**

Modelo	Fabricante	Pressão de Operação				Conexão	Valor (R\$)
		Mín. (bar)	Máx. (bar)	Precisão (%)	Temperatura (°C)		
TP-520	Instrutherm	0	10	0,5	-25 a 85	1/4" BSP ou NPT, 1/2" BSP	747,50
PN7209	IFM	-0,97	0,99	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	1.539,47
PG2793	IFM	-1	25	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	2.091,96
<b>Valor Médio:</b>							1.922,49

Não são catalogados os dados de necessidades de cabeamento para os sensores, bem como, as tecnologias de amplificação e filtros de sinal, pois estão inclusos nos sistemas de aquisição de dados. Ainda, o Apêndice E apresenta algumas das tecnologias de cabeamento pesquisadas, caracterizadas pela metragem e um preço por metro de cabo. Pois, as distâncias entre sensores e sistema de aquisição de dados varia e, em geral, a indústria frigorífica possui uma sala de controle (destino dos dados) próxima à sala de máquinas.



#### 4.4.3 SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS E SUPERVISÃO

Os sistemas de gestão do processo industrial utilizam sistemas de aquisição de dados e supervisão (SAD) para controle, todavia são utilizados para monitorar variáveis do processo como temperaturas do produto. O SGE, do mesmo modo, pode ser monitorado por uma rede de sensores conectada à um desses sistemas.

O Apêndice E relaciona todas as tecnologias dos sistemas de coleta de dados e supervisão identificados na pesquisa. Os dados destes sistemas utilizados nas análises econômicas é apresentado na Tabela 5, no qual são classificadas as informações do fabricante desses sistemas, formas de conexão e compatibilidade de softwares, componentes, custos e o *software* de gestão dos dados disponível.

**Tabela 5: Sistemas de aquisição de dados**

Modelo	Fabricante	Conexão / Software	Componente	Qtd.	Valor (R\$)
NI CompactDAQ	National Instruments	USB, Wi-Fi, Ethernet com suporte para LabVIEW, LabVIEW Real-Time, C, C++, VB.NET, C#.NET	Chassi e controladora autônomos	1	12.705,00
			Módulo Termopar, 4 canais e conectores	1	1.435,50
			Módulo Medidor de Corrente, 4 canais e conectores	1	4.108,50
			Fonte de alimentação	1	808,50
			Serviços de manutenção (3 anos)	1	1.520,24
			Software NI LabVIEW	1	10.890,00
<b>TOTAL:</b>					<b>31.467,74</b>
NI CompactDAQ	National Instruments	USB, Wi-Fi, Ethernet com suporte para LabVIEW, LabVIEW Real-Time, C, C++, VB.NET, C#.NET	Chassi e controladora autônomos	1	12.705,00
			Módulo Termopar, 16 canais e conectores	1	2.887,50
			Módulo Medidor de Corrente, 16 canais e conectores	1	5.379,00
			Fonte de alimentação	1	808,50
			Serviços de manutenção (3 anos)	1	1.718,74
			Software NI LabVIEW	1	10.890,00
<b>TOTAL:</b>					<b>34.388,74</b>
NI CompactRIO	National Instruments	Ethernet com suporte para LabVIEW, LabVIEW Real-Time, C, C++, VB.NET, C#.NET	Chassi e controladora	1	31.614,00
			Módulo Termopar, 4 canais e conectores	1	1.435,50
			Módulo Medidor de Corrente, 4 canais e conectores	1	4.108,50
			Fonte de alimentação e cabos conectores	1	1.171,50
			Serviços de manutenção (3 anos)	1	3.047,12
			Software NI LabVIEW	1	13.563,00
<b>TOTAL:</b>					<b>54.939,62</b>
NI CompactRIO	National Instruments	Ethernet com suporte para LabVIEW, LabVIEW Real-Time, C, C++, VB.NET, C#.NET	Chassi e controladora	1	31.614,00
			Módulo Termopar, 16 canais e conectores	1	2.887,50
			Módulo Medidor de Corrente, 16 canais e conectores	1	4.306,50
			Fonte de alimentação e cabos conectores	1	1.171,50
			Serviços de manutenção (3 anos)	1	3.159,02
			Software NI LabVIEW	1	13.563,00
<b>TOTAL:</b>					<b>56.701,52</b>

Os SAD são utilizados na coleta de dados dos sensores para as grandezas de temperatura e pressão, e também, para os dados de consumo de energia oriundos dos equipamentos ou de um painel específico. Esses equipamentos são capazes de coletar amostras de grandezas programadas nas suas entradas e armazenar os dados em uma base de dados, planilha eletrônica ou, ainda, disponibilizar uma interface de aplicativo para apresentação das informações.

Os indicadores propostos neste trabalho podem ser facilmente desenvolvidos em um

documento de planilha eletrônica, obtendo os dados gravados em outro arquivo de planilha criado pelo SAD. Assim, a observação dos indicadores é facilmente acompanhada sem a necessidade de desenvolvimento de um *software* específico para tal finalidade.

#### 4.5 AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de viabilidade econômica do sistema depende das características e custos levantados sobre as tecnologias para implantação do SGE. Então, devem ser identificados os custos de implantação e operação do sistema. Os tópicos seguintes descrevem o modelo de classificação desses custos e o tratamento dos dados financeiros para a análise de viabilidade econômica.

##### 4.5.1 CONFIGURAÇÃO DOS CENÁRIOS DE IMPLANTAÇÃO

Conforme as necessidades de implantação do sistema de monitoramento em cada cenário, forma selecionadas as tecnologias de sensoriamento e aquisição de dados compatíveis. As tecnologias selecionadas que compõem as configurações de cada cenário, de maior e menor valores, estão apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6: Configuração dos cenários de implantação**

Configurações de Cenários	Sensor de Temperatura	Sensor de Pressão	SAD, cabeamento e componentes	
Cenário 1 (C1)	Menor Valor	S-03K, Instrutherm	PN7209, IFM	NI CompactDAQ, National Instruments
	Maior Valor	TN2531, IFM	PG2793, IFM	NI CompactRIO, National Instruments
	Quantidade	4	2	1
Cenário 2 (C2)	Menor Valor	S-03K, Instrutherm	PN7209, IFM	NI CompactDAQ, National Instruments
	Maior Valor	TN2531, IFM	PG2793, IFM	NI CompactRIO, National Instruments
	Quantidade	12	6	1
Cenário 3 (C3)	Menor Valor	S-03K, Instrutherm	TP-520, Instrutherm	NI CompactDAQ, National Instruments
	Maior Valor	TN2531, IFM	PG2793, IFM	NI CompactRIO, National Instruments
	Quantidade	4	2	1
Cenário 4 (C4)	Menor Valor	S-03K, Instrutherm	TP-520, Instrutherm	NI CompactDAQ, National Instruments
	Maior Valor	TN2531, IFM	PG2793, IFM	NI CompactRIO, National Instruments
	Quantidade	12	6	1

Nos tópicos seguintes são definidos os custos de cada cenário para sua implantação e operação e, então, desenvolvidos os indicadores econômicos dos investimentos.

#### 4.5.2 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO

A implantação do SGE não depende apenas dos custos de aquisição de equipamentos, mas também da sua implantação e operação. O custo de implantação existirá independentemente de ser contratado o serviço de um profissional externo ou se a empresa disponibilizará um funcionário para tal, porém quando interno não se aplica a análise por não ser um custo adicional e quando contratado está embutido no valor de aquisição do equipamento. Os custos de implantação estão descritos conforme a Tabela 7, contudo custos de operação não puderam ser estimados.

**Tabela 7: Custos de implantação de sistemas de monitoramento da EE, por cenário**

Cenário 1 (C1)	Total (R\$)		
	Menor	Maior	Média
<b>1. Investimento Inicial</b>	<b>132.475,28</b>	<b>233.750,44</b>	<b>188.507,12</b>
- Sensores de Temperatura	446,44	5.624,12	2.160,44
- Sensores de Pressão	6.157,88	8.367,84	7.689,96
- SAD, cabeamento e componentes	125.870,96	219.758,48	178.656,72
<b>2. Custos (10 anos)</b>	<b>132.475,28</b>	<b>233.750,44</b>	<b>188.507,12</b>
- Depreciação (contribuição mensal)	1.103,96	1.947,92	1.570,89
- Manutenção		Não aplicável	
- Operação		Não disponível	

Cenário 2 (C2)	Total (R\$)		
	Menor	Maior	Média
<b>1. Investimento Inicial</b>	<b>432.477,84</b>	<b>722.394,12</b>	<b>565.521,36</b>
- Sensores de Temperatura	1.339,32	16.872,36	6.481,32
- Sensores de Pressão	18.473,64	25.103,52	23.069,88
- SAD, cabeamento e componentes	412.664,88	680.418,24	535.970,16
<b>2. Custos (10 anos)</b>	<b>432.477,84</b>	<b>722.394,12</b>	<b>565.521,36</b>
- Depreciação (contribuição mensal)	3.603,98	6.019,95	4.712,68
- Manutenção		Não aplicável	
- Operação		Não disponível	

Cenário 3 (C3)	Total (R\$)		
	Menor	Maior	Média
<b>1. Investimento Inicial</b>	<b>129.307,40</b>	<b>233.750,44</b>	<b>188.507,12</b>
- Sensores de Temperatura	446,44	5.624,12	2.160,44
- Sensores de Pressão	2.990,00	8.367,84	7.689,96
- SAD, cabeamento e componentes	125.870,96	219.758,48	178.656,72
<b>2. Custos (10 anos)</b>	<b>129.307,40</b>	<b>233.750,44</b>	<b>188.507,12</b>
- Depreciação (contribuição mensal)	1.077,56	1.947,92	1.570,89
- Manutenção		Não aplicável	
- Operação		Não disponível	

Cenário 4 (C4)	Total (R\$)		
	Menor	Maior	Média
<b>1. Investimento Inicial</b>	<b>422.974,20</b>	<b>722.394,12</b>	<b>565.521,36</b>
- Sensores de Temperatura	1.339,32	16.872,36	6.481,32
- Sensores de Pressão	8.970,00	25.103,52	23.069,88
- SAD, cabeamento e componentes	412.664,88	680.418,24	535.970,16
<b>2. Custos (10 anos)</b>	<b>422.974,20</b>	<b>722.394,12</b>	<b>565.521,36</b>
- Depreciação (contribuição mensal)	3.524,79	6.019,95	4.712,68
- Manutenção		Não aplicável	
- Operação		Não disponível	

Estes dados financeiros resumem o levantamento de custos. No tópico seguinte são apresentadas avaliações prévias de payback e TIR dos cenários de investimentos e aplicação dos métodos de análise financeira.

#### 4.5.3 AVALIAÇÃO DOS INDICADORES ECONÔMICOS

A análise de viabilidade econômica, compila os dados financeiros identificados como descrito anteriormente, os custos do projeto e as simulações de receitas necessárias para a viabilidade do projeto no horizonte de planejamento de dez anos. Essas projeções de fluxo de caixa permitem identificar o período de retorno do investimento, cujos *paybacks* são apresentados em meses. Foram feitas projeções de economia nos gastos mensais de energia elétrica, em valor monetário total do custo de energia da conta de eletricidade da indústria. Conforme a Tabela 8, é com 5% que a maioria dos cenários de investimento apresentam *paybacks* menores do que o horizonte de planejamento.

**Tabela 8: Projeção de payback simulando uma escala de economia mensal de energia entre 1% e 10%**

PayBack (meses)		1,0%	2,5%	5,0%	7,5%	10,0%
C1	Val. Menor	109	23	10	7	5
	Val. Maior	> 120	53	20	13	9
	Val. Médio	> 120	38	16	10	7
C2	Val. Menor	> 120	> 120	47	26	18
	Val. Maior	> 120	> 120	> 120	56	36
	Val. Médio	> 120	> 120	47	26	18
C3	Val. Menor	102	23	10	7	5
	Val. Maior	> 120	53	20	13	9
C4	Val. Menor	> 120	> 120	45	25	18
	Val. Maior	> 120	> 120	> 120	56	36

O mesmo pode ser percebido com o indicador TIR que passa ser significativo na média da escala (Tabela 9). Nos cenários apresentados no tópico seguinte assumiu-se uma economia de 5% no consumo de energia mensal durante o período em análise, pois é a escala em que os cenários apresentam retorno num período menor de dez anos e sem estimar uma taxa de retorno alta destes investimentos. De modo que a visão do investimento não seja otimista ou pessimista demais.

Estas projeções expõem o projeto durante o horizonte de planejamento sem uma visão completa do investimento, portanto, são elaborados os indicadores econômicos de cada cenário.

**Tabela 9: Projeção de TIR simulando uma escala de economia mensal de energia entre 1% e 10%**

TIR		1,0%	2,5%	5,0%	7,5%	10,0%
C1	Val. Menor	0,99%	4,81%	10,49%	16,15%	21,81%
	Val. Maior	-	2,20%	5,58%	8,79%	12,00%
	Val. Médio	-	3,06%	7,12%	11,10%	15,08%
C2	Val. Menor	-	0,13%	2,50%	4,34%	6,10%
	Val. Maior	-	-	0,71%	2,09%	3,25%
	Val. Médio	-	0,13%	2,50%	4,34%	6,10%
C3	Val. Menor	1,07%	4,95%	10,77%	16,57%	22,37%
	Val. Maior	-	2,20%	5,58%	8,79%	12,00%
C4	Val. Menor	-	0,20%	2,59%	4,46%	6,25%
	Val. Maior	-	-	0,71%	2,09%	3,25%

O primeiro cenário (Tabela 10), aponta um período entre dez e dezesseis meses para o investimento retornar em forma de economia financeira nos gastos de energia elétrica. São estimadas economias de aproximadamente um oitocentos mil de reais durante todo o horizonte de planejamento.

**Tabela 10: Indicadores econômicos para o Cenário 1**

Cenário 1 (C1)		Valor Menor	Valor Maior	Valor Médio
Retorno	VP (R\$)	1.032.400,91	969.699,25	997.710,37
	VPL (R\$)	899.925,63	735.948,81	809.203,25
	VPLa (R\$)	12.112,93	9.905,82	10.891,82
	IBC ou IL	7,7932	4,1484	5,2927
	ROIA	1,73%	1,19%	1,40%
	Índice ROIA/TMA	198,36%	137,09%	160,72%
Risco	ROI ou TIRM	2,61%	2,07%	2,28%
	Payback	10	20	16
	TIR	10,49%	5,58%	7,12%
	Índice Payback/N	8%	17%	13%
Análise de sensibilidade	Índice TMA/TIR	8,29%	15,60%	12,22%
	Var. TMA	1105,69%	540,86%	718,63%
	Var. Custos	679,32%	314,84%	429,27%
	Var. Receitas	87,17%	75,89%	81,11%
	Var. C e R	77,26%	61,15%	68,22%

Os cenários C2 e C4 (Tabelas 11 e 13), apresentam os períodos maiores de retorno do investimento - aproximadamente quatro anos -, em maiores prazos de retorno, maior o risco de falha dos projetos.

**Tabela 11: Indicadores econômicos para o Cenário 2**

Cenário 2 (C2)		Valor Menor	Valor Maior	Valor Médio
Retorno	VP (R\$)	846.662,78	667.169,29	846.662,78
	VPL (R\$)	414.184,94	55.224,83	414.184,94
	VPLa (R\$)	5.574,90	743,32	5.574,90
	IBC ou IL	1,9577	0,9236	1,9577
	ROIA	0,56%	-0,07%	0,56%
	Índice ROIA/TMA	64,53%	-7,62%	64,53%
Risco	ROI ou TIRM	1,44%	0,80%	1,44%
	Payback	47	139	47
	TIR	2,50%	0,71%	2,50%
	Índice Payback/N	39%	116%	39%
Análise de sensibilidade	Índice TMA/TIR	34,82%	121,96%	34,82%
	Var. TMA	187,21%	-18,00%	187,21%
	Var. Custos	95,77%	-7,64%	95,77%
	Var. Receitas	48,92%	-8,28%	48,92%
	Var. C e R	32,38%	-3,97%	32,38%

Para o perfil de investimentos das indústrias frigoríficas, onde se espera lucro o mais breve possível, planejar investimentos com longos paybacks não são razoáveis. Deste modo, é quase improvável que as indústrias realmente façam investimentos em um sistema de monitoramento da EE esperando retornos neste horizonte de planejamento.

**Tabela 12: Indicadores econômicos para o Cenário 3**

Cenário 3 (C3)		Valor Menor	Valor Maior
Retorno	VP (R\$)	1.034.362,21	969.699,25
	VPL (R\$)	905.054,81	735.948,81
	VPLa (R\$)	12.181,97	9.905,82
	IBC ou IL	7,9992	4,1484
	ROIA	1,75%	1,19%
	Índice ROIA/TMA	200,91%	137,09%
	ROI ou TIRM	2,63%	2,07%
Risco	Payback	10	20
	TIR	10,77%	5,58%
	Índice Payback/N	8%	17%
	Índice TMA/TIR	8,08%	15,60%
Análise de sensibilidade	Var. TMA	1137,57%	540,86%
	Var. Custos	699,92%	314,84%
	Var. Receitas	87,50%	75,89%
	Var. C e R	77,78%	61,15%

Embora os cenários analisados sejam pessimistas, considerando o longo horizonte de planejamento e menores taxas de retorno, são nos cenários C1 e C3 (Tabelas 10 e 12) cujos períodos de retorno são menores - próximos a um ano. Pois neles, estimam-se custos aproximadamente três vezes menores se comparados aos cenários 2 e 4 (Tabelas 11 e 13).

**Tabela 13: Indicadores econômicos para o Cenário 4**

Cenário 4 (C4)		Valor Menor	Valor Maior
Retorno	VP (R\$)	852.546,69	667.169,29
	VPL (R\$)	429.572,49	- 55.224,83
	VPLa (R\$)	5.782,01	- 743,32
	IBC ou IL	2,0156	0,9236
	ROIA	0,59%	-0,07%
	Índice ROIA/TMA	67,33%	-7,62%
	ROI ou TIRM	1,46%	0,80%
Risco	Payback	45	139
	TIR	2,59%	0,71%
	Índice Payback/N	38%	116%
	Índice TMA/TIR	33,64%	121,96%
Análise de sensibilidade	Var. TMA	197,28%	-18,00%
	Var. Custos	101,56%	-7,64%
	Var. Receitas	50,39%	-8,28%
	Var. C e R	33,68%	-3,97%

Comparando os cenários relacionados à linha de Congelamento e os cenários relacionados às linhas de Chiller e Climatização - C1 em relação a C3 e C2 a C4 -, de modo geral não há grande variação nos custos por serem diferentes linhas de trabalho, isto é, há nas grandezas

de temperatura e pressão a serem monitoradas, porém pouco impacta nos custos de implantação. Por outro lado, o maior aumento nos custos dos projetos está no número de pontos de monitoramento. Observando os cenários C1 e C2 e os cenários C3 e C4, respectivamente, o aumento no número de entradas de medição implica não apenas no aumento de custo de aquisição de mais sensores, mas também em equipamentos de aquisição de dados, módulos e outros componentes mais caros.

Em vista do potencial de desenvolvimento da eficiência energética que indústria brasileira possui, 5% de economia em dez anos não é um valor alto e pode ser esperado. Todavia, a criação de um sistema de monitoramento da eficiência energética não gera economia, senão outros investimentos em melhorias como, por exemplos: mudanças nos procedimentos, troca de vedação ou substituição de equipamentos menos eficientes. Não é bastante avaliar a viabilidade de implantação de sistemas de monitoramento da EE sem associar a estas análises investimentos em melhorias que possam gerar economia.

Outrossim, os investimentos nesse sistema de monitoramento não é dispensável, pois de outra maneira a indústria não poderá desenvolver adequadamente uma linha de base energética e comparar seu desempenho ao longo do tempo. Tornando, assim, impossível avaliar se quaisquer investimentos em melhorias trouxeram resultados positivos, ou, quantificar o desempenho atual do sistema.

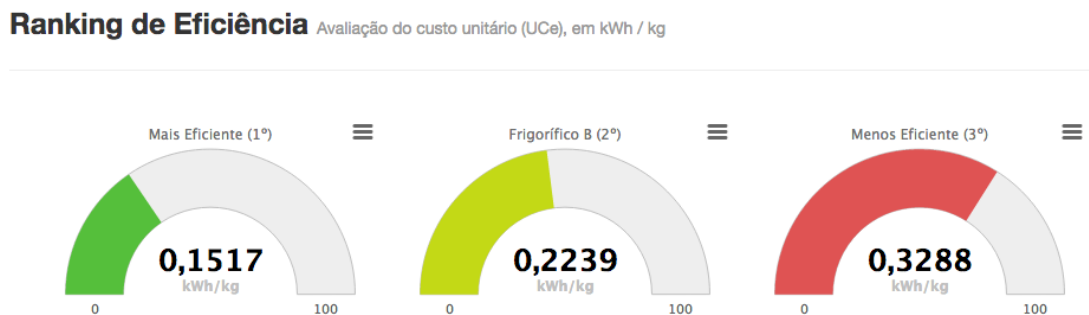
#### 4.6 FERRAMENTA DE ACOMPANHAMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Foi desenvolvido um protótipo de *software* colaborativo para automatizar o método de análise econômica de sistemas de monitoramento da EE. De tal modo que, as indústrias tenham acesso a uma ferramenta que incorpore o conhecimento de análises de viabilidade e indicadores de EE desenvolvidos. Também, as empresas possam compartilhar informações de tecnologias que dispõem para aquisição com seus fornecedores, bem como as cotações atualizadas de preços evitando que o mesmo trabalho de pesquisa seja repetido por cada uma. Os próprios fabricantes podem fornecer cotações de seus produtos pelo sistema e, também, serem beneficiados pela promoção destas tecnologias.

As indústrias poderão utilizar tal sistema com a contrapartida de fornecerem apenas seus dados médios de produção e consumo energético, assim, o sistema apresentará a posição da empresa em relação ao indicador de Custo Unitário ( $UC_e$ ), comparando-a as outras empresas cadastradas e sua relação, de forma anônima, com as empresas consideradas mais e menos eficientes. A indústria pode mensalmente atualizar os seus dados de consumo e produção para

obter um acompanhamento e comparação com outras que fazem uso do sistema.

O objetivo dessa ferramenta é levar os resultados do trabalho à indústria de uma maneira que o mesmo possa contribuir para torná-la mais eficiente e competitiva. Visto que o primeiro atrativo do sistema é a criação de uma classificação das indústrias por ordem de desempenho do indicador de Custo Unitário. Cada usuário poderá conhecer a sua posição na lista de classificação de eficiência e se comparar - ao longo do tempo - com o desempenho das empresas mais e menos eficientes. Através da ferramenta, as indústrias que mantiverem atualizados seus dados de revisões energéticas podem verificar o desempenho do indicador de custo unitário ( $UC_e$ ), conforme apresenta Figura 20 que representa a tela do *Ranking* de Eficiência Energética.



**Figura 20:** Tela do ranking de eficiência energética

Outras informações sobre o histórico e evolução do desempenho energético no que diz respeito aos indicadores macro de EE também podem ser acompanhadas pela ferramenta, esta mantém um histórico das informações da indústria a fim de gerar relatórios e gráficos dos indicadores mínimos propostos neste trabalho.

Em segundo lugar, tem-se em vista que os investimentos em melhorias de EE são propostas, geralmente, pelos responsáveis técnicos cujos dependem da aprovação de seus superiores. Tais pessoas indubitavelmente são conhecedoras das especificações técnicas e capazes de obter os custos dos investimentos que desejam implantar, porém carecem de conhecimentos de finanças. Desta forma, ao utilizar a ferramenta de análise econômica, estes podem agregar conhecimentos e indicadores econômicos aos seus projetos, bem como apresentar a situação de eficiência da empresa em relação à concorrência.

O funcionamento do sistema de automatização de análise econômica para SGE, ocorre em três simples etapas: inicialmente a indústria frigorífica informa seus dados cadastrais e dados de produção e consumo energético podendo ser atualizados mensalmente ou, obrigatoriamente, quando é feita uma simulação de investimento; em segundo lugar, a mesma seleciona ou inclui equipamentos, serviços e orçamentos de acordo com as suas necessidades de aquisição para



implantação do sistema; por fim, os dados são apresentados com avaliações dos indicadores financeiros gerados e a classificação de desempenho da empresa em relação às outras indústrias. A Figura 21 apresenta parte da tela de análise dos indicadores financeiros da simulação do investimento. Cada indústria usuária do sistema pode criar quantas simulações de SGE que desejar seguindo a segunda e terceira etapas mencionadas.

Indicador				Critério	Avaliação
Retorno	Valor Presente	VP	R\$ 198.795,31	VP > 0	Não usar como critério
	Valor Presente Líquido	VPL	R\$ 98.795,31	VPL > 0	Válido
	Valor Presente Líquido Anualizado	VPLa	R\$ 9.939,40	VPLa > 0	Válido
	Índice de Benefício/Custo	IBC ou IL	1,9880	IBC ≥ 1	Válido
	Retorno Adicional sobre o Investimento	ROIA	7,11%	ROIA ≥ 0	Válido
	Percentual de ganhos além da TMA	Índice ROIA/TMA	6.466,01%	ROIA/TMA ≥ 0	Válido
	Retorno sobre o Investimento	ROI ou TIRM	7,23%	ROI ≥ TMA	Válido
Risco	Período de Recuperação do Investimento	Payback	6	Payback ≤ N (Horizonte de planejamento)	Válido
	Taxa Interna de Retorno	TIR	15,10%	TIR para VPL = 0	Válido
	Relação entre o tempo de retorno e o ciclo de vida do projeto	Índice Payback/N	60,00%	Payback/N ≤ 100%	Válido

**Figura 21: Tela de análise de indicadores econômicos do investimento**

O protótipo deste sistema está disponível no endereço: <http://ee.tarlis.com.br> para uso das indústrias frigoríficas de aves para testes e futuras melhorias. O Apêndice F apresenta indicações de uso desta ferramenta de análise de investimentos e acompanhamento de EE para frigoríficos de aves.

## 5 CONCLUSÃO

Há casos em que a falta de informação cria uma barreira para a melhoria dos processos no setor industrial. Assim, é preciso levantar os problemas das organizações e fornecer informações e tecnologias com intuito de promover e motivar a EE. Neste trabalho foi caracterizado o processo de gestão de energia sob os moldes da norma ISO 50.001, considerando que a gestão energética deve ser planejada como um processo fundamental da organização e vista como uma estratégia de mercado. Além disso, foram identificadas as políticas energéticas nacionais e internacionais e medidas de EE. Essas podem ser incentivadas com acordos voluntários com agências governamentais e utilizarem como motivadores a redução de impostos, por exemplo. Concluindo que o Brasil carece de uma política nacional que promova o uso eficiente de energia, no qual as indústrias são comparativamente ineficientes.

Além disso, também foram identificados problemas que afetam a EE e suas prováveis soluções e, então, relacionados com um conjunto de indicadores de eficiência energética propostos por este trabalho. Os primeiros, macro indicadores, descrevem uma visão geral de eficiência da indústria frigorífica e podem, com pouco esforço, serem monitorados. Os micro indicadores apresentam uma visão do sistema de refrigeração e servem como um sistema de monitoramento do estado do ciclo de refrigeração.

O desenvolvimento de um sistema de monitoramento da eficiência energética é indispensável para a indústria ser hábil a avaliar o seu desempenho e evolução. Assim, foram relacionadas tecnologias como sensores e sistemas de aquisição de dados disponíveis no mercado para o desenvolvimento de sistemas de supervisão do ciclo de refrigeração que utilizem os micro indicadores propostos.

Posteriormente, foram identificadas ferramentas de análise de viabilidade econômica com o intuito de auxiliar as indústrias a desenvolverem estudos de viabilidade de investimentos em EE. Portanto, foram feitas análises econômicas de viabilidade do sistemas de monitoramento descrito que demonstram plausibilidade de retorno do investimento.

Para favorecer o desenvolvimento da EE na indústria, foi desenvolvida uma ferra-

menta de *software* para análise de investimentos e acompanhamento dos macro indicadores de EE. Essa ferramenta incorpora os indicadores econômicos descritos e, também, permite que a indústria forneça dados de eficiência energética para acompanhamento do seu desempenho ao longo do tempo. Além disso, possibilita que a indústria nacional compare seus indicadores de EE.

Em trabalhos futuros, será possível incorporar ao sistema modelos de indicadores de desempenho do sistema de refrigeração descritos e as suas relações com os problemas de eficiência energética e ações corretivas com a finalidade de promover EE através da popularização de informações. Outras funções esperadas são a ampliação do modelo de análise de investimentos para quaisquer tipos de investimentos em melhorias dos processos industriais e, também, permitir que outros tipos de indústrias possam fazer uso da ferramenta. Também, tradução do sistema para outras línguas.

## REFERÊNCIAS

- ABADIE, L. M.; ORTIZ, R. A.; GALARRAGA, I. Determinants of energy efficiency investments in the us. **Energy Policy**, v. 45, n. 0, p. 551 – 566, 2012. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512002078>>.
- ABIA. **Setor em Números**. [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://www.abia.org.br/vs/setoremnumeros.aspx>>.
- ABNT. **ABNT ISO 50001: sistemas de gestão de energia – requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2011.
- ABRAVA. **18ª Feira Internacional de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação, Aquecimento e Tratamento de Ar**. 2013.
- BAZILIAN, M. et al. Open source software and crowdsourcing for energy analysis. **Energy Policy**, v. 49, n. 0, p. 149 – 153, 2012. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512005423>>.
- BELMAN-FLORES, J.; LEDESMA, S. Statistical analysis of the energy performance of a refrigeration system working with R1234yf using artificial neural networks. **Applied Thermal Engineering**, Elsevier Ltd, v. 82, p. 8–17, maio 2015. ISSN 13594311. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431115001933>>.
- BEN. **Balço Energético Nacional: Relatório Final**. Rio de Janeiro, 2015.
- BINGMING, W. et al. Experimental investigation on the performance of NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub> cascade refrigeration system with twin-screw compressor. **International Journal of Refrigeration**, v. 32, n. 6, p. 1358–1365, set. 2009. ISSN 01407007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700709000784>>.
- BUNSE, K. et al. Integrating energy efficiency performance in production management - gap analysis between industrial needs and scientific literature. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 6-7, p. 667–679, 2011. ISSN 09596526.
- CAPPERS, P.; GOLDMAN, C. Financial impact of energy efficiency under a federal combined efficiency and renewable electricity standard: Case study of a kansas “super-utility”. **Energy Policy**, v. 38, n. 8, p. 3998 – 4010, 2010. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510001874>>.
- CASAROTTO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- CHOU, J.-S.; HSU, Y.-C.; LIN, L.-T. Smart meter monitoring and data mining techniques for predicting refrigeration system performance. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 5, p. 2144–2156, abr. 2014. ISSN 09574174. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417413007446>>.

**CNI. Eficiência energética na indústria: o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional.** Brasília, ago. 2009.

COLORADO, D. et al. Hybrid evaporator model: Analysis under uncertainty by means of Monte Carlo method. **Applied Thermal Engineering**, v. 43, p. 148–152, out. 2012. ISSN 13594311. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431111006077>>.

DRUMM, C. et al. Structese® – energy efficiency management for the process industry. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, n. 0, p. –, 2012. ISSN 0255-2701. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270112001845>>.

**ELETROBRÁS. Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial.** Rio de Janeiro, 2005.

**EPE. Anuário estatístico de energia elétrica 2013.** Rio de Janeiro, 2013.

**FAO. Food Outlook, Biannual Report on Global Food Markets.** Rome, Italy, 2015.

FIEDLER, T.; MIRCEA, P. Energy management systems according to the iso 50001 standard: Challenges and benefits. In: **Applied and Theoretical Electricity (ICATE), 2012 International Conference on.** [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–4.

**FIEP. XVI Sondagem Industrial.** [S.l.], dez. 2011.

**FIRJAN. Perspectivas do Custo da Energia Elétrica para a Indústria no Brasil em 2014 e 2015.** [S.l.], 2014.

FLEITER, T.; HIRZEL, S.; WORRELL, E. The characteristics of energy-efficiency measures - a neglected dimension. **Energy Policy**, v. 51, n. 0, p. 502 – 513, 2012. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512007367>>.

FROZZA, J. F. **Eficiência energética em indústria frigorífica; desafios de implantação.** Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pato Branco, 2013.

GAZDA, W.; KOZIOŁ, J. The estimation of energy efficiency for hybrid refrigeration system. **Applied Energy**, v. 101, p. 49–57, jan. 2013. ISSN 03062619. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912003546>>.

GOMES, V. M.; FARIA, A. M. M.; SILVA, G. R. Combustíveis e emissão de gases do efeito estufa: tendência de descarbonização da economia brasileira e de mato grosso entre 2000 e 2008. **Políticas Públicas e a Perspectiva da Economia Ecológica**, p. 3–6, 2011.

GONZALEZ, A.; CASTRILLON, R.; QUISPE, E. Energy efficiency improvement in the cement industry through energy management. In: **Cement Industry Technical Conference, 2012 IEEE-IAS/PCA 53rd.** [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–13. ISSN 2155-9139.

GUARDIA, E. et al. **Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria: estudo de casos: sumário executivo.** Brasília, 2010.

HENRIKSSON, E.; SÖDERHOLM, P.; WÅRELL, L. Industrial electricity demand and energy efficiency policy: The role of price changes and private r&d in the swedish pulp and paper industry. **Energy Policy**, v. 47, n. 0, p. 437 – 446, 2012. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512004284>>.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>.

ISHIKAWA, K. **What is total quality control : The Japanese way** . [S.l.: s.n.], 1981. 1981 p. ISBN 0139524339.

JORDANGER, E. et al. Energy distribution system planning - methodologies and tools for multi-criteria decision analysis. In: **Electricity Distribution, 2005. CIRED 2005. 18th International Conference and Exhibition on**. [S.l.: s.n.], 2005. p. 1 –5.

KIM, M. S.; SHIN, C. S.; KIM, M. S. A study on the real time optimal control method for heat rejection pressure of a CO2 refrigeration system with an internal heat exchanger. **International Journal of Refrigeration**, v. 48, p. 87–99, dez. 2014. ISSN 01407007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140700714002539>>.

LAMBERT, M.; RIERA, B.; MARTEL, G. Application of functional analysis techniques to supervisory systems. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 64, n. 2, p. 209 – 224, 1999. ISSN 0951-8320. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832098000647>>.

LESAGE, D.; GRAAF, T. V. de; WESTPHAL, K. G8+5 collaboration on energy efficiency and ipeec: Shortcut to a sustainable future? **Energy Policy**, v. 38, n. 11, p. 6419 – 6427, 2010. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509007265>>.

LIMA, J. D. D. et al. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. **International Journal of Engineering Management and Economics**, Inderscience Publishers (IEL), v. 5, n. 1-2, p. 19–34, 2015.

LINO, F.; ISMAIL, K. Energy and environmental potential of solid waste in brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 6, p. 3496 – 3502, 2011. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151100228X>>.

LLAMAS-GUILLÉN, S. et al. Experimental results of a direct air-cooled ammonia–lithium nitrate absorption refrigeration system. **Applied Thermal Engineering**, v. 67, n. 1-2, p. 362–369, jun. 2014. ISSN 13594311. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431114002294>>.

MARQUES, A. C.; FUINHAS, J. A. Do energy efficiency measures promote the use of renewable sources? **Environmental Science and Policy**, v. 14, n. 4, p. 471 – 481, 2011. ISSN 1462-9011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146290111100013X>>.

MME. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. [S.l.], 2011.

PELLEGRINI-MASINI, G.; LEISHMAN, C. The role of corporate reputation and employees' values in the uptake of energy efficiency in office buildings. **Energy Policy**, v. 39, n. 9, p. 5409 – 5419, 2011. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511003958>>.

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, 2010.

PROCEL. **Relatório da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Classe Industrial - AT - Produtos alimentícios e bebidas**. [S.l.], 2006.

PROCEL. **Resultados Procel 2014: ano base 2013**. 2014. Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica.

PROCEL. **Resultados Procel 2015: ano base 2014**. 2015. Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica.

RAHMAN, S. M.; KIRKMAN, G. A. Costs of certified emission reductions under the clean development mechanism of the kyoto protocol. **Energy Economics**, v. 47, p. 129 – 141, 2015. ISSN 0140-9883. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988314002655>>.

RASOTO, A. et al. **Gestão Financeira: enfoque em inovação**. 1. ed. [S.l.]: Aymarã Educação, 2012. (Série UTFInova).

REZESSY, S.; BERTOLDI, P. Voluntary agreements in the field of energy efficiency and emission reduction: Review and analysis of experiences in the european union. **Energy Policy**, v. 39, n. 11, p. 7121 – 7129, 2011. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511006276>>.

SALAZAR, M. B. **Demanda de energia na indústria brasileira: efeitos da eficiência energética**. Dissertação (Mestrado) — Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-15052012-094631>>.

SANTOS, A. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006.

SARKAR, A.; SINGH, J. Financing energy efficiency in developing countries - lessons learned and remaining challenges. **Energy Policy**, v. 38, n. 10, p. 5560 – 5571, 2010. ISSN 0301-4215. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510003502>>.

SEI. **Modeling Software**. dez. 2009. Disponível em: <<http://www.energycommunity.org/>>.

SOLA, A. V. H.; KOVALESKI, J. L. Eficiência energética nas indústrias: cenários e oportunidades. **XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2004.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

STRAPASSON, A. B. **A Energia Térmica e o Paradoxo da Eficiência Energética: Desafios para um Novo Modelo de Planejamento Energético**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2004.

TRINTIN, J. G. **A Nova Economia Paranaense: 1970-2000**. Maringá: Eduem, 2006.

YOUNG, R. et al. **The 2014 International Energy Efficiency Scorecard**. [S.l.], 2014.

ZANIN, A. et al. Perfil do consumo de energia elétrica no abate de frangos de corte – estudo de caso. In: **40 Encontro Anual de Energia do Meio Rural**. Cascavel: [s.n.], 2002.

ZHAO, L.; CAI, W.-J.; MAN, Z.-H. Neural modeling of vapor compression refrigeration cycle with extreme learning machine. **Neurocomputing**, v. 128, p. 242–248, mar. 2014. ISSN 09252312. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231213010138>>.



## APÊNDICE A – MEDIDAS E AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Estudos publicados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) sobre soluções técnicas de EE (FLEITER et al., 2012):

<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>
Motor elétrico energeticamente eficiente	A substituição de um motor elétrico por um motor de alta eficiência em conformidade com a norma internacional.
Prensa de sapata	A prensa de sapata é utilizado nas instalações de secagem da máquina de papel, resultando em melhoria da secagem.
Ânodo inerte	Ânodos inertes são desenvolvidos para a eletrólise do alumínio. Eles substituem ânodos de grafite convencionais e duram 20 vezes mais (cerca de 1,5 anos). Eles permitem que a distância entre o ânodo e o cátodo ser reduzida, o que resulta em menores perdas de resistência.
Refrigeração térmica a baixa temperatura	Reciclagem de resíduos industriais térmicos para refrigeração é uma opção para reduzir o consumo de energia na indústria. Absorção moderna fechada e chillers de adsorção prometem um desempenho aceitável, com temperaturas abaixo de 100 °C de condução e, assim, reduzir a demanda de energia elétrica necessária para o resfriamento.
Tampa de forno fechada	Fornos de cadinho de fusão são utilizados na indústria dos metais não ferrosos. Fornos abertos levam a perdas de energia consideráveis para o ambiente durante o funcionamento. Fechando o forno com uma tampa pode reduzir substancialmente as perdas de energia.
Redução de vazamento de ar comprimido	Vazamentos levam a perdas substanciais de energia em sistemas de ar comprimido. Verificações regulares de manutenção na rede de ar comprimido ajudam a reduzir essas perdas.

Medidas de EE definidas pela *International Energy Agency* (IEA), ou Agência Internacional de Energia (LESAGE et al., 2010):

<p><b>1. Intersetorial</b></p> <p>a. Medidas para aumentar o investimento em eficiência de energia;</p> <p>b. Metas e estratégias de eficiência nacionais;</p> <p>c. Observação, monitoramento, execução e avaliação de medidas de eficiência energética;</p> <p>d. Indicadores de eficiência de energia;</p> <p>e. Monitorar e relatar o progresso com as recomendações próprias de eficiência energética da IEA.</p> <p><b>2. Edifícios</b></p> <p>a. Códigos de construção para novos edifícios;</p> <p>b. Casas de energia passiva e edifícios de energia zero;</p> <p>c. Pacotes de políticas para promover a eficiência energética em edifícios existentes;</p> <p>d. Construção de sistemas de certificação;</p> <p>e. Melhorias de eficiência de energia em janelas.</p> <p><b>3. Aparelhos e equipamentos</b></p> <p>a. Necessidades energéticas obrigatórias de desempenho ou rótulos;</p> <p>b. Modos de baixo consumo de energia, incluindo energia de reserva, para eletrônicos e equipamentos de rede;</p> <p>c. Televisões e caixas "set-top";</p> <p>d. Testes padrões de desempenho energético e protocolos de medição.</p>	<p><b>4. Iluminação</b></p> <p>a. Melhores práticas de iluminação e a eliminação de lâmpadas incandescentes;</p> <p>b. Assegurar menor custo de iluminação em edifícios não-residenciais e a eliminação da ineficiente iluminação à base de combustíveis.</p> <p><b>5. Transporte</b></p> <p>a. Pneus energeticamente eficientes;</p> <p>b. Padrões de eficiência de combustível obrigatórios para veículos ligeiros;</p> <p>c. Economia de combustível de veículos pesados;</p> <p>d. Eco-condução.</p> <p><b>6. indústria</b></p> <p>a. Coleta de dados de alta qualidade de eficiência energética para a indústria;</p> <p>b. Desempenho energético dos motores elétricos;</p> <p>c. Assistência no desenvolvimento da capacidade de gestão de energia;</p> <p>d. Pacotes de políticas para promover a eficiência energética nas pequenas e médias empresas.</p> <p><b>7. Utilitários de Energia</b></p> <p>a. Utilização final de esquemas de eficiência de energia.</p>
--	--

## APÊNDICE B – INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

O quadro abaixo exhibe alguns indicadores de eficiência energética, relatados por Bunse et al. (2011).

<b>Indicador</b>	<b>Tipo do indicador</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Fórmula/Unidade</b>
Medição de eficiência energética	Econômico	Atividade de um setor	Consumo de energia / valor adicionado ou valor dos embarques
Intensidade energética	Econômico	Nível agregado	Consumo de energia / Termo econômico
Intensidade energética	Macro-econômico	Nível agregado	Consumo de energia / Variáveis monetárias (PIB)
Eficiência energética Econômico-termodinâmico	Híbrido	Mede o serviço ou entrega do processo	O consumo de energia em unidades convencionais da termodinâmica / saídas em termos de preço de mercado
Eficiência energética Econômica	Econômico	Medida em termos de valor de mercado	Entrada de energia em termos monetários / saídas em termos monetários
Quantidade absoluta de consumo de energia	Físico	Com indicação dos volumes de produção	Valor da energia
Consumo específico de energia	Físico	Nível desagregado	GJ por t
Grau de eficiência	Visão da Engenharia	Nível agregado	Energia líquida / energia primária utilizada
Melhoria da eficiência de energia final	Físico	Nível nacional	Economia de energia por ano
Eficiência energética Físico-termodinâmica	Híbrido	Mede o serviço ou entrega do processo	Uso efetivo de energia / toneladas ou milhas
Consumo específico de energia	Físico	Nível do processo, comparação entre países	Uso de energia / unidade física produzida

O quadro abaixo exhibe alguns indicadores de eficiência energética, relatados por Bunse et al. (2011), continuação.

<b>Indicador</b>	<b>Tipo do indicador</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Fórmula/Unidade</b>
Eficiência de energia térmica do equipamento	Físico	Para o equipamento único	Valor da energia disponível para a produção / valor de entrada de energia
Intensidade do consumo de energia	Físico	Mais amplo que o indicador térmico: empresas, etc.	Consumo de energia / valor físico da produção
Consumo específico de energia	Físico	Em nível setorial	GJ / t (por exemplo)
Eficiência energética Termodinâmica	Termodinâmico	Medidas derivadas da termodinâmica	Uso real de energia, relacionada a um processo 'ideal'
Intensidade de energia industrial	Físico	Comparação de dados de eficiência em um nível de sub-setor entre países	Uso de energia / unidade de produção industrial, por exemplo, GJ / t
Taxas de difusão de equipamento	Físico	Com foco em tecnologia de eficiência energética específica	Taxa de implantação da tecnologia
Indicador de desempenho energético	Estatístico	Em nível da planta	Percentual de classificação da eficiência energética

## APÊNDICE C – BREVE LEVANTAMENTO DE FRIGORÍFICOS DO PARANÁ

<b>Empresa</b>	<b>Cidade</b>
Abatedouro Bom Jesus Ltda.	Medianeira
Agroindústria de Carnes Nobres Esplanada	Umuarama
Brasil Foods S/A	Dois Vizinhos, Francisco Beltrão, Toledo e Carambeí
Brasilfrig Alimentos Ltda.	Toledo
Carnes Bertinatto Ltda.	Pato Branco
Comércio de Carnes Nobre Ltda.	Curitiba
Comércio de Carnes Tradição Ltda.	Curitiba
Coasul S/A	São João (com vários entrepostos)
Cooperativa Agropecuária Cascavel Ltda. (COOPAVEL)	Cascavel
Diplomata Industrial e Comercial	Cascavel
Distribuidora Sul Paraná Ltda. (DSP)	Colombo
Elperes Comércio de Carnes Ltda.	Curitiba
Fábrica de Banha e Linguiça Santo Antonio	Curitiba
Família Costa Comércio de Alimentos Ltda.	Curitiba
FRIGO VEM Distribuidora de Carnes Ltda.	Colombo
Frigodário Comércio de Alimentos Ltda.	Curitiba
Frigodasko	Pitanga
Oliveira Coml. de Alimentos Ltda. (Frigolife)	Campo Magro
Frango Seva S/A	Pato Branco
Frigomax Frigorífico e Comércio de Carnes Ltda.	Arapongas
Frigorífico Argus Ltda.	São José dos Pinhais
Frigorífico Astra do Paraná Ltda.	Cruzeiro do Oeste

<b>Empresa</b>	<b>Cidade</b>
Frigorífico Bizinelli Ltda.	Curitiba
Frigorífico Cristal Ltda.	Campo Mourão
Frigorífico Larissa Ltda.	Iporã
Frigorífico Origem Ltda.	Pinhais
Frigorífico Sereno	Curitiba
Frigorífico Souza Ramos Ltda.	Colombo
Frigorífico Thoms Ltda.	Irati
Frigorífico Três Fronteiras Ltda.	Loanda
Frimesa	Medianeira
Globoaves Ltda.	Cascavel, Laranjeiras do Sul
Indústria e Comércio de Carnes Frigosantos Ltda.	Campo Magro
Irmãos Giaretta Ltda.	Coronel Vivida
Juliatto e Fogiatto Ltda.	São José dos Pinhais
Kaefer Agro Industrial Ltda.	Laranjeiras do Sul
Lamajo Comércio de Alimentos Ltda.	Arapongas
LN Distribuidora de Carnes Ltda.	Colombo
M. Borges Comercial de Alimentos Ltda.	Nova Esperança
MLZ Distribuidora Produtos Alimentícios Ltda.	Curitiba
Platinão Comércio de Carnes e Derivados Ltda.	Pinhais
Pontal do Paraná Frigorífico Ltda.	Cidade Gaúcha
PQS Comércio de Alimentos Ltda.	Curitiba
Tonini Wendling	Ponta Grossa
Valemar Distribuidora de Frios e Carnes Ltda.	Curitiba
WG Distribuidora de Carnes Ltda.	Colombo

## APÊNDICE D – SOFTWARES DE ANÁLISE PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO E USO DE ENERGIA

<b>Nome</b>	<b>Desenvolvedor</b>	<b>Escopo</b>	<b>Plataforma</b>	<b>Custo (US\$) / Licenciamento</b>	<b>Web Site / Contato</b>
Cities for Climate Protection (CCP)	Torrie-Smith Associates, Canadá	Locais (cidades, estados) inventários do clima e planos de ação	Windows	Livre para comunidades participantes do ICLEI	<a href="http://www.torriesmith.com">www.torriesmith.com</a> info@torriesmith.com
COMPEED XL	EnergiAnalyse, Dinamarca	Ferramentas de custo-benefício e rentabilidade para os setores públicos e particulares.	Excel	Gratuito por 30 dias	<a href="http://www.energianalyse.dk">www.energianalyse.dk</a> info@energianalyse.dk
CO2DB	IIASA, Áustria	Banco de dados de tecnologias de energia emissoras de CO <sub>2</sub>	Windows	Gratuito	<a href="http://www.iiasa.ac.at">www.iiasa.ac.at</a> dowds@iiasa.ac.at
EnergyPLAN	Aalborg University, Dinamarca	Simula e otimiza o funcionamento de um sistema nacional de energia inteiro para cada hora em um determinado ano.	Windows	Gratuito	<a href="http://energy.plan.aau.dk">energy.plan.aau.dk</a>
Energy Costing Tool	UNDP	Estima os valores e tipos de investimentos em energia necessários para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)	Excel	Gratuito	<a href="http://www.undp.org">www.undp.org</a>
ENPEP	Argonne National Laboratory, USA	Conjunto de modelos para análise de Energia / Ambiente integrados	Windows	Depende dos módulos utilizados e do tipo de instituição.	<a href="http://www.dis.anl.gov">www.dis.anl.gov</a>
GEMIS	Oeko-Institut, Alemanha	Análise do ciclo de vida de cadeias de energia	Windows	Gratuito	<a href="http://www.oeko.de">http://www.oeko.de</a> u.fritsche@oeko.de

Nome	Desenvolvedor	Escopo	Plataforma	Custo (US\$) / Licenciamento	Web Site / Contato
HOMER	National Renewable Energy Laboratory, USA	Design de opções de eletrificação off-grid e on-grid.	Windows	Gratuito	www.nrel.gov/homer
LEAP	SEI	Análises de Energia / Ambiente integrados	Windows	Gratuito para os usuários qualificados de países em desenvolvimento.	energycommunity.org leap@sei-us.org
MAED	International Atomic Energy Agency	Análises de Energia / Ambiente integrados	Windows, Linux	Gratuito para: setor público, sem fins lucrativos e de pesquisa	www.iaea.org
MESSAGE	International Atomic Energy Agency	Projeções de demanda de energia final e útil	Windows	Gratuito para: setor público, sem fins lucrativos e de pesquisa	www.iaea.org
REAP	SEI	Emissões baseadas em consumo e análise da pegada ecológica para as autoridades locais do Reino Unido e regiões	Windows	1.600 - 8.000 dependendo do suporte requerido	www.resource-accounting.org.uk/reap
RETSCREEN	Natural Resource Canadá	Produção de energia, ciclo de vida dos custos e redução de emissões de GEE para várias tecnologias de energia renovável e eficiência energética	Excel	Gratuito	www.retscreen.net rets@nrcan.gc.ca
SUPER	OLADE	Análises de Demanda de Energia e Conservação, Hidrologia, Planejamento sob Incerteza, Despacho hidrotermal, Financeira e Ambiental	Windows	4.000 - 10.000 dependendo da instituição	http://www.olade.org.ec
TIMES / MARKAL	ETSAP	Análises de Energia / Ambiente integrados	Windows	3.300 - 15.000 dependendo do tipo de instituição.	www.etsap.org



## APÊNDICE E – RELAÇÃO DE TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS

Tecnologias de sensoramento de temperatura:

Modelo	Tipo	Fabricante	Temperatura de Operação			Valor (R\$)
			Mín. (°C)	Máx (°C)	Precisão (%)	
S-03K		Instrutherm	-70	850	0.5	111.61
S-07K		Instrutherm	-70	300	0.5	238.05
S-08K		Instrutherm	70	1000	0.5	37.03
S-04K		Instrutherm	-70	850	0.5	139.00
S-10K		Instrutherm		250	0.5	288.30
TP-100		Instrutherm	-50	450	0.15	615.86
S-09K		Instrutherm	70	1000	0.5	37.03
TC-(*)-NPT	Termopar - J, K, T ou E	Omega		650		191.00
TH-44004-1/4NPT-80	Termistor	Omega		150 ou 75	0.2	342.00
RTD-NPT-72-E	RDT / PT100	Omega		230		357.00
ETS 4100	PT100	Hydac	-25	100	0.8	889.15
ETS 7000		Hydac	-25	100	2	702.26
ETS 4500		Hydac	-25	100	2	864.77
TK6130	RTD	IFM	-16	140		540.11
TK7330	RTD	IFM	-20	140		540.11
TN2531	PT100	IFM	-40	150	0.1	1,406.03
TN7531	RTD	IFM	-40	150		1,235.21

## Tecnologias de sensoramento de pressão:

Modelo	Fabricante	Pressão de Operação				Conexão	Valor (R\$)
		Mín. (bar)	Máx. (bar)	Precisão (%)	Temperatura (°C)		
TP-520	Instrutherm	0	10	0.5	-25 a 85	1/4" BSP ou NPT, 1/2" BSP	747.50
PS-100-400BAR	Instrutherm	0.5	400	1	10 a 40	1/4"PS	986.91
PS-100-100BAR	Instrutherm	0.002	2	1	10 a 40	1/4"PS	986.91
PS-100-50BAR	Instrutherm	0.05	50	1	10 a 40	1/4"PS	844.89
PS-100-20BAR	Instrutherm	0.02	20	1	10 a 40	1/4"PS	844.89
PS-100-10BAR	Instrutherm	0.01	10	1	10 a 40	1/4"PS	844.89
PS-100-02BAR	Instrutherm	0.002	2	1	10 a 40	1/4"PS	844.89
PS-100-05BAR	Instrutherm	0.005	5	1	10 a 40	1/4"PS	844.89
HDA 4800	Hydac	0	600	0.25	-25 a 100	G1/4 A DIN 3852	
HDA 4700	Hydac	0	1000	0.5	-25 a 100	G1/4 A DIN 3852; G1/2 A DIN3852	2,102.59
HDA 4400	Hydac	0	1000	1	-25 a 100	G1/4 A DIN 3852; G1/2 A DIN 3852	
HDA 4300	Hydac	0	40	1	-25 a 100	G1/4 A DIN 3852; G1/2 B DIN-EN 837	858.79
HDA 4100	Hydac	0	2.5	1	-25 a 100	G1/4 A DIN 3852; G1/2 B DIN-EN 837	1,268.01
PN7209	IFM	-0.97	0.99	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	1,539.47
PN2026	IFM	0.01	0.99	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	1,922.49
PN2024	IFM	-0.82	9.99	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	1,922.49
PN2023	IFM	1.37	9.97	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	1,922.49
PN2021	IFM	2.75	249.59	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	1,922.49
PN2020	IFM	4.13	399.2	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	1,922.49
PK6524	IFM	0.51	9.99	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	714.95
PK6222	IFM	5.17	99.97	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	714.95
PK6521	IFM	19.99	399.89	0,1	-25 a 80	1/4" NPT macho	714.95
PG2451	IFM	0	250	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	1,583.07
PG2454	IFM	-1	10	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	1,583.07
PG2456	IFM	-0.125	2.5	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	1,583.07
PG2789	IFM	-0.05	0.1	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	2,091.96
PG2793	IFM	-1	25	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	2,091.96
PG2794	IFM	-1	10	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	2,091.96
PG2795	IFM	-1	4	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	2,091.96
PG2796	IFM	-0.124	2.5	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	2,091.96
PG2797	IFM	-0.05	1	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	2,091.96
PG2798	IFM	-0.01	0.25	0,1	-25 a 125	G1A / Aseptoflex Vario	2,091.96

Tecnologias de sensoriamento de vazão, embora não utilizados nas análises por não serem comumente utilizados:

Modelo	Fabricante	Comutação Min. (cm/min)	Comutação Máx. (cm/min)	Precisão (%)	T. Operação (°C)	Conexão	Valor (R\$)
SI5000	IFM	3	100				1,703.27
SI5002	IFM	3	100				1,794.24
SI5006	IFM	3	100				1,885.89
Modelo	Fabricante	Comutação Min. (lpm)	Comutação Máx. (lpm)	Precisão (%)	T. Operação (°C)	Conexão	Valor (R\$)
SM9001	IFM	0	303			G 2" BSPP	5,477.90
SM2001	IFM	0	606			G 2" BSPP	6,166.94
SM9000	IFM	0	300			G 2" BSPP	5,477.90
SM2000	IFM	0	600			G 2" BSPP	6,166.94
SM9004	IFM	0	303			G 2" BSPP	5,477.90
SM2004	IFM	0	606			G 2" BSPP	6,166.94
SM6000	IFM	0	25			G 1/2" BSPP	3,035.88
SM7000	IFM	0	50			G 3/4" BSPP	3,498.33
SM8000	IFM	0	100			G 1" BSPP	4,035.72

## Tecnologias de cabeamento:

Descrição	Tipo	Modelo	Fabricante	Comprimento (m)	Valor (R\$)	Valor (R\$/m)
Cabo PUR	Alimentação Energia	EVC003	IFM	10	70.36	7.04
Cabo PUR	Alimentação Energia	EVC084	IFM	25	123.79	4.95
Cabo PUR	Alimentação Energia	EVC348	IFM	35	148.21	4.23
Cabo Termopar J, K, E ou T	Sensores		National Instruments	1	38.3	38.3
Cabo Termopar J, K, E ou T	Sensores		National Instruments	2	38.3	19.15
Cabo Termopar J ou K	Sensores		National Instruments	300	3960	13.2
Cabo Termopar J ou K	Sensores		National Instruments	30	412.5	13.75
Cabo para termopar com isolamento em PFA, tipo E, por metro	Sensores	TT-E-24-TWSH-PM	OMEGA	1	26.5	26.5
Cabo para termopar com isolamento em PFA, tipo E, por metro	Sensores	TT-E-20-TWSH-PM	OMEGA	1	44	44
Cabo para termopar com isolamento em PFA, tipo E, por metro	Sensores	TT-E-24S-TWSH-PM	OMEGA	1	31.5	31.5
Cabo para termopar com isolamento em PFA, tipo E, por metro	Sensores	TT-E-20S-TWSH-PM	OMEGA	1	53	53
Cabo para RTD, 2 condutores, isolamento de vidro, 20 AWG	Sensores	EXGG-2CU-20-25	OMEGA	7.62	103	13.52
Cabo para RTD, 2 condutores, isolamento de vidro, 20 AWG	Sensores	EXGG-2CU-20-100	OMEGA	30.48	291	9.55
Cabo para RTD, 3 condutores, isolamento de PFA, 26 AWG	Sensores	EXTT-3CU-26S-50	OMEGA	15.24	291	19.09
Cabo para RTD, 3 condutores, isolamento de polivinil, 24 AWG	Sensores	EXPP-3CU-24S-30M	OMEGA	30	405	13.5

## Tecnologias de aquisição de dados (em kits):

Modelo	Fabricante	Conexão / Software	Componente	Qtd.	Valor (R\$)
NI CompactDAQ	National Instruments	USB, Wi-Fi, Ethernet com suporte para LabVIEW, LabVIEW Real-Time, C, C++, VB.NET, C#.NET	Chassi e controladora autônomos	1	12,705.00
			Módulo Termopar, 4 canais e conectores	1	1,435.50
			Módulo Medidor de Corrente, 4 canais e conectores	1	4,108.50
			Fonte de alimentação	1	808.50
			Serviços de manutenção (3 anos)	1	1,520.24
			Software NI LabVIEW	1	10,890.00
			<b>TOTAL:</b>		<b>31,467.74</b>
NI CompactDAQ	National Instruments	USB, Wi-Fi, Ethernet com suporte para LabVIEW, LabVIEW Real-Time, C, C++, VB.NET, C#.NET	Chassi e controladora autônomos	1	12,705.00
			Módulo Termopar, 16 canais e conectores	1	2,887.50
			Módulo Medidor de Corrente, 16 canais e conectores	1	5,379.00
			Fonte de alimentação	1	808.50
			Serviços de manutenção (3 anos)	1	1,718.74
			Software NI LabVIEW	1	10,890.00
			<b>TOTAL:</b>		<b>34,388.74</b>
NI CompactRIO	National Instruments	Ethernet com suporte para LabVIEW, LabVIEW Real-Time, C, C++, VB.NET, C#.NET	Chassi e controladora	1	31,614.00
			Módulo Termopar, 4 canais e conectores	1	1,435.50
			Módulo Medidor de Corrente, 4 canais e conectores	1	4,108.50
			Fonte de alimentação e cabos conectores	1	1,171.50
			Serviços de manutenção (3 anos)	1	3,047.12
			Software NI LabVIEW	1	13,563.00
<b>TOTAL:</b>		<b>54,939.62</b>			
NI CompactRIO	National Instruments	Ethernet com suporte para LabVIEW, LabVIEW Real-Time, C, C++, VB.NET, C#.NET	Chassi e controladora	1	31,614.00
			Módulo Termopar, 16 canais e conectores	1	2,887.50
			Módulo Medidor de Corrente, 16 canais e conectores	1	4,306.50
			Fonte de alimentação e cabos conectores	1	1,171.50
			Serviços de manutenção (3 anos)	1	3,159.02
			Software NI LabVIEW	1	13,563.00
<b>TOTAL:</b>		<b>56,701.52</b>			

## Tecnologias de aquisição de dados e supervisão, módulos e softwares:

Descrição	Modelo	Fabricante	Entradas	Conexão	Compatibilidade	Software	Valor (R\$)
Módulo de aquisição de dados USB de termopar/entrada de tensão de 8/16 canais	OM-DAQ-USB-2401	OMEGA	8 ou 16 canais	USB 2.0	Termopar do tipo J, K, T, E, R, S, B, N ou entrada de tensão		2,755.00
Sistemas de Aquisição de Dados de 22 bits e 10 canais	OMB-DAQ-54	OMEGA	10 canais	USB	Termopar de terminal único, diferencial ou em volts.	Software de planilhas para instalação, aquisição e visualização em tempo real; PostView para visualização pós-aquisição	4,160.00
Sistemas de Aquisição de Dados de 22 bits e 10 canais com medição de frequência e E/S digital	OMB-DAQ-55	OMEGA	10 canais (E/S digital)	USB	Termopar de terminal único, diferencial ou em volts.	Software de planilhas para instalação, aquisição e visualização em tempo real; PostView para visualização pós-aquisição	6,020.00
Sistemas de Aquisição de Dados de 20 bits e 22 canais com medição de frequência e E/S digital	OMB-DAQ-56	OMEGA	22 canais (E/S digital)	USB	10 de terminação única, 5 diferenciais; canais em volts ou TC	Software de planilhas para instalação, aquisição e visualização em tempo real; PostView para visualização pós-aquisição	8,030.00

## Tecnologias de aquisição de dados e supervisão, módulos e softwares, continuação:

Descrição	Modelo	Fabricante	Entradas	Conexão	Compatibilidade	Software	Valor (R\$)
Registrador gráfico virtual de termopar	iTCX-W	OMEGA	2		Termopar J, K, T, E, R, S, B, C, N, L	Planilha eletrônica; Página Web	1,530.00
Registrador gráfico virtual de termopar	iTCX-D	OMEGA	2		Termopar J, K, T, E, R, S, B, C, N, L	Planilha eletrônica; Página Web	1,530.00
	OMB-DAQ-3005	OMEGA	8 ou 16	USB		Visual Studio; .NET; DaqView; Data Logging; Drivers para DASYSLab e LabVIEW	8,130.00
Sistema de aquisição de dados Ethernet	OMB-DAQSCAN-2001	OMEGA	16 ou 8 e 40 digitais	Ethernet		Visual Basic, C/C++, ActiveX/COM, LabVIEW, MATLAB e DASYSLab	15,160.00
Sistema de aquisição de dados Ethernet	OMB-DAQSCAN-2005	OMEGA	16 ou 8 e 40 digitais	Ethernet		Visual Basic, C/C++, ActiveX/COM, LabVIEW, MATLAB e DASYSLab	12,145.00
Software para SAD	LabVIEW Base	National Instruments	-	-	-	-	3,630.00
Software para SAD	LabVIEW Full	National Instruments	-	-	-	-	10,890.00
Software para SAD	LabVIEW Profissional	National Instruments	-	-	-	-	18,150.00

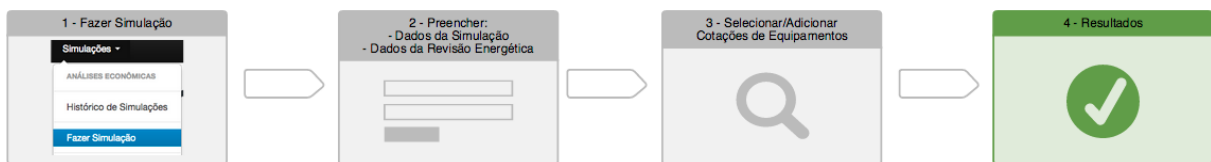
## Tecnologias de aquisição de dados e supervisão, módulos e softwares, continuação:

Descrição	Modelo	Fabricante	Entradas	Conexão	Compatibilidade	Software	Valor (R\$)
	NI 9213	National Instruments	16		Termopares tipo J, K, T, E, N, B, R e S		4,306.50
Módulo de Aquisição de Dados	OMB-DAQ-54	OMEGA	10	USB	Termopares	Planilhas eletrônicas; PostView; PostView para visualização pós-aquisição; Drivers para Visual Basic, Delphi e C++ para Windows 95/98/2000/ME/XP/Vista, DASYSLab e LabVIEW	4,160.00
Módulo de Aquisição de Dados	OMB-DAQ-55	OMEGA	10 (E/S digital)	USB	Termopares	Planilhas eletrônicas; PostView; PostView para visualização pós-aquisição; Drivers para Visual Basic, Delphi e C++ para Windows 95/98/2000/ME/XP/Vista, DASYSLab e LabVIEW	6,020.00
Módulo de Aquisição de Dados	OMB-DAQ-56	OMEGA	22 (E/S digital)	USB	Termopares	Planilhas eletrônicas; PostView; Drivers para Visual Basic, Delphi e C++ para Windows 95/98/2000/ME/XP/Vista, DASYSLab e LabVIEW	8,030.00



## APÊNDICE F – INDICAÇÕES DE USO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Tutorial para criação de simulações de investimentos financeiros em melhorias do sistema de refrigeração.



### F.1 PASSO 1: PARÂMETROS DA SIMULAÇÃO E DADOS DA REVISÃO ENERGÉTICA

A - Escolha os parâmetros da simulação:

- **Taxa de Mínima Atratividade:** taxa percentual de rentabilidade que a empresa utiliza em análises de investimentos. Pode ser utilizada a rentabilidade da poupança ou SELIC, por exemplo.
- **Horizonte de Planejamento:** período de análise do investimento, em meses.
- **Percentual de Economia:** percentual que a empresa espera que o investimento gere em economia na conta de energia elétrica.

B - Informe os dados da Revisão Energética atual. Para cálculo do ranking de desempenho e acompanhamento da eficiência energética mensal.

## Simulação (Passo 1 de 3)

Campos com \* são obrigatórios.

Taxa de Mínima Atratividade \*

Horizonte de Planejamento (meses) \*

Percentual de Economia (esperado na conta de energia) \*

### Dados de Eficiência Energética

Média de consumo energético, últimos 12 meses (em kWh) \*

Média de frangos abatidos, últimos 12 meses (em Kg) \*

Valor do kWh \*

## F.2 PASSO 2: ESCOLHA DE EQUIPAMENTOS

Escolha os equipamentos que serão adquiridos para melhorias no sistema:

- **Incluir Itens:** seleciona os equipamentos cadastrados e com cotações existentes, OU
- **Incluir Cotação:** seleciona um equipamento cadastrado, seu fornecedor o valor do equipamento.

### Itens Cotados Itens inclusos na simulação

Item	Valor (R\$)	Quantidade	Sub-total (R\$)
Nenhum resultado encontrado.			

#### Incluir Itens Escolha os itens para adicionar na simulação

Cotação \*

Horas de Uso Diário

Quantidade \*



#### Incluir Cotação Crie uma cotação e será adicionada na simulação

Campos com \* são obrigatórios.

Fornecedor \*

Equipamento \*

Custo (R\$) \*

Quantidade

### F.3 PASSO 3: ANÁLISE DE INDICADORES

Verifique os resultados da análise com vários indicadores financeiros gerados, e situação de desempenho (comparação do ranking com outras empresas).

#### F.3.1 CASO O EQUIPAMENTO DESEJADO NÃO EXISTA:

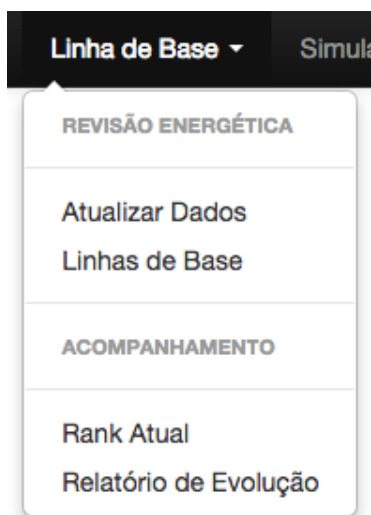
Se não encontrar o equipamento que deseja, siga o menu Simulações > Dados Básicos e cadastre:

- Fabricantes
- Fornecedores
- Equipamentos
- Cotações de equipamentos



### F.4 REVISÕES ENERGÉTICAS: ACOMPANHAMENTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

Aconselha-se à empresa atualizar os dados da revisão energética para acompanhar a evolução de desempenho energético (Relatório de Evolução) e ranking de desempenho comparado às outras indústrias.



A indústria insere os dados de sua revisão energética:

### Dados de Eficiência Energética

Preencha todos os indicadores para um relatório completo de desempenho

Campos com \* são obrigatórios.

Média de consumo energético, últimos 12 meses (em kWh) \*

Média de frangos abatidos, últimos 12 meses (em Kg) \*

Valor do kWh \*

 R\$

Valor do kg de frango

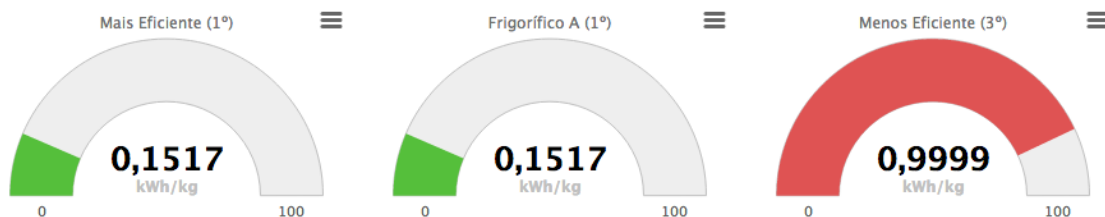
 R\$

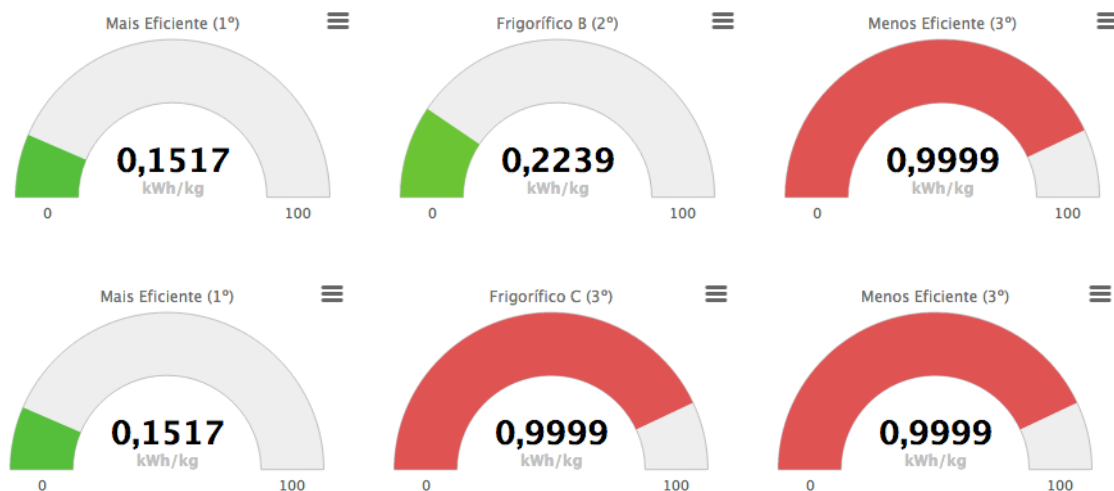
kWh do Setor de Refrigeração

Toneladas de Refrigeração do Setor de Refrigeração

A empresa tem à disposição relatórios de indicadores de eficiência energética e o *ranking* de EE que compara o  $UC_e$  entre as outras usuárias do sistema.

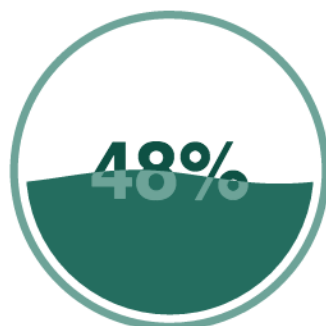
### Ranking de Eficiência Avaliação do custo unitário ( $UC_e$ ), em kWh / kg





Por fim, também é possível verificar o potencial de economia: diferença de valor percentual do  $UC_e$  da empresa em relação à indústria mais eficiente.

#### Potencial de Economia diferença do $UC_e$ mais eficiente



Histórico de Consumo (kWh)  
Consumo de energia (kWh)

