



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE RECURSOS DA AMAZÔNIA (PPG-ENGRAM)



**POTENCIAL PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM
SEGMENTOS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS/AM**

RAFAELLI PEREIRA DE SOUZA

MANAUS – AM

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE RECURSOS DA AMAZÔNIA (PPG-ENGRAM)



RAFAELLI PEREIRA DE SOUZA

**POTENCIAL PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM
SEGMENTOS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS/AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Recursos da Amazônia.

Área de Concentração: Energia

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. ELIZABETH FERREIRA CARTAXO

MANAUS-AM

2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S729p	Souza, Rafaelli Pereira de Potencial para Eficiência Energética em Segmentos do Polo Industrial de Manaus/AM / Rafaelli Pereira de Souza. 2015 176 f.: il. color; 31 cm. Orientadora: Prof. ^a Dr. ^a Elizabeth Ferreira Cartaxo Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas. 1. Setor Industrial. 2. Eficiência Energética. 3. Qualidade da Energia. 4. Polo Industrial de Manaus. I. Cartaxo, Prof. ^a Dr. ^a Elizabeth Ferreira II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
-------	--

RAFAELLI PEREIRA DE SOUZA

**POTENCIAL PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SEGMENTOS DO POLO
INDUSTRIAL DE MANAUS/AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Recursos da Amazônia.

Área de Concentração: Energia

BANCA EXAMINADORA

Prof. ^a Dr.^a Elizabeth Ferreira Cartaxo
Universidade Federal de Sergipe / Universidade Federal do Amazonas
PRESIDENTE DA BANCA

Prof. Dr. Nelson Kuwahara
Universidade Federal do Amazonas
MEMBRO TITULAR

Prof. Dr. Carlos Alberto Figueiredo
Universidade Federal do Amazonas
MEMBRO TITULAR

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais,

Carlos Augusto e Rosana, a quem devo a formação moral, o caráter e a vida.

Aos meus queridos irmãos,

Rômulo Augusto, Ramon, Rubem, Renan, Raquel Maria, Rodrigo, Raíssa, Renata e Rian.

E em especial ao meu amado esposo,

Igor Souza.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus pelo dom da vida e do Espírito.

À Professora Doutora Elizabeth Ferreira Cartaxo, os meus agradecimentos sinceros pela atenção, confiança e pelo privilégio de ter sido sua orientanda. Responsável pela minha lapidação intelectual, me ensinou um novo mundo de conhecimento, pesquisa e valores.

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Figueiredo, por toda sua dedicação e conhecimento transmitido.

Ao Professor Dr. Nelson Kuwahara por aceitar fazer parte da banca examinadora.

Aos meus colegas de mestrado, agradeço o apoio e desejo sucesso na carreira de todos.

À Equipe do Projeto Eficind, pelo suporte e oportunidade de participar do projeto.

Às empresas que participaram do projeto, assim como aos seus colaboradores.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pela oportunidade de realizar este curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Aos meus familiares, pelas horas de convívio subtraídas, pelo conforto, carinho e compreensão da importância deste trabalho para mim.

E a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O potencial de eficiência energética no setor industrial é bastante significativo, pois é o setor que mais consome energia no Brasil e no Mundo. Nos últimos anos, intensificaram-se os avanços em eficiência energética nas indústrias energo-intensivas dentro do cenário global. No entanto, ainda existe um potencial significativo de eficiência mundial, principalmente nas economias emergentes. No Brasil, o vetor de desenvolvimento socioeconômico da Amazônia é o Polo Industrial de Manaus (PIM). Para aumentar sua competitividade, as indústrias necessitam aperfeiçoar seus processos produtivos, reduzindo perdas de energia e custos. Considerando a relação entre eficiência e qualidade da energia na produtividade e faturamento das indústrias, é necessário conhecer como a energia está sendo consumida e com qual eficiência nos diversos segmentos do PIM. O objetivo deste trabalho foi a determinação dos indicadores de eficiência energética como o consumo específico, fator de carga e custo médio da energia, bem como a determinação dos indicadores de qualidade da energia, através da análise das grandezas elétricas aferidas nos principais sistemas consumidores de três indústrias com grande representação no cenário regional. A metodologia incluiu levantamento de campo, aplicação de questionários de caracterização energética e medições elétricas. Os resultados apontaram que as indústrias apresentaram indicadores de eficiência, na sua maioria, melhores que a média nacional, contudo, foi constatado que grande parte dos sistemas consumidores das indústrias apresentaram distúrbios relacionados a qualidade da energia elétrica, como baixo fator de potência e conteúdo harmônico. Dessa forma, existe um potencial para eficiência energética nos sistemas industriais.

Palavras – chaves: Setor industrial. Eficiência energética. Qualidade da energia. Polo Industrial de Manaus.

ABSTRACT

The potential for energy efficiency in the industrial sector is quite significant because it is the sector that consumes the most energy in Brazil and worldwide. In recent years, intensified advances in energy efficiency in energy-intensive industries within the global scenario. However, there is still significant potential for global efficiency, especially in emerging economies. In Brazil, the socio-economic development vector of the Amazon is the Industrial Pole of Manaus (PIM). To increase their competitiveness, manufacturers need to optimize their production processes, reducing energy costs and losses. Considering the relationship between efficiency and power quality in productivity and turnover of industries, it is necessary to know how energy is being consumed and the efficiency with which the various segments of the PIM. The objective of this study was to determine the energy efficiency indicators like the specific energy consumption, load factor and average cost of energy as well as the determination of power quality indicators, by analyzing the measured electrical parameters in the main consumer systems of three industries with large representation in the regional scenario. The methodology included field survey, implementation of energy characterization of questionnaires and electrical measurements. The results showed that the industries had indicators of efficiency, for the most part, better than the national average, however, it was found that most consumer industries systems presented disorders related to power quality such as low power factor and harmonic content. Thus, there is a potential for energy efficiency in industrial systems.

Keywords: Industrial Sector. Energy efficiency. Power quality. Industrial Pole of Manaus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Consumo de energia por setor mundo, 2014.....	24
Figura 2.2 - Consumo de energia por setores industriais mundo.....	25
Figura 2.3 - Consumo de eletricidade dos setores brasileiros em 2014.....	27
Figura 2.4 - Consumo de energia por setores industriais no Brasil em 2014.....	28
Figura 2.5 - Consumo energético industrial por fonte no Brasil em 2014.....	29
Figura 2.6 - Consumo industrial por região geográfica.....	29
Figura 2.7 - Consumo de energia industrial da região norte.....	30
Figura 2.8 - Evolução do Faturamento total do PIM.....	32
Figura 2.9 - Participação dos segmentos no faturamento do PIM (R\$) em 2014.....	33
Figura 2.10 - Evolução da mão de obra no PIM.....	34
Figura 3.1 - Processo produtivo para a fabricação de cerveja.....	42
Figura 3.2 - Processo produtivo para a fabricação do refrigerante.....	44
Figura 3.3 - Produção mundial de cerveja por região em 2013.....	45
Figura 3.4 - Marcas líderes na fabricação de bebidas não alcoólicas.....	47
Figura 3.5 - Consumo de bebidas mundial 2011.....	48
Figura 3.6 - Composição do mercado brasileiro de bebidas acumulado entre 2005 e 2011.....	49
Figura 3.7 - Produção Nacional de Cervejas 2005 – 2014.....	50
Figura 3.8 - Produção nacional de cervejas por região em 2014.....	51
Figura 3.9 - Produção Nacional de Refrigerantes 2005 – 2014.....	53
Figura 3.10 - Produção nacional de refrigerantes por região em 2014.....	53
Figura 3.11 - Percentual médio de utilização da capacidade instalada na Indústria de Bebidas.....	54

Figura 3.12 - Produção de Cervejas e Refrigerantes na Região Norte 2014.....	55
Figura 3.13 - Evolução da Indústria de Bebidas no faturamento do PIM.....	56
Figura 3.14 - Ciclo de refrigeração.....	59
Figura 3.15 - Matriz de suprimento energético da empresa participante do estudo.....	65
Figura 3.16 - Custo R\$/Ano de energéticos em 2013.....	66
Figura 3.17 - Consumo de energéticos MJ/Kg.....	66
Figura 4.1 - Participação mundial nas exportações e importações de produtos eletroeletrônicos em 2014	68
Figura 4.2 - Evolução do faturamento das indústrias do segmento eletroeletrônico no Brasil.....	69
Figura 4.3 - Classificação de empresas por vendas líquidas no Brasil em 2013.....	70
Figura 4.4 - Participação no faturamento da Indústria Eletroeletrônica por área em 2014	71
Figura 4.5 - Percentual médio de utilização da capacidade instalada – Indústria de fabricação de máquinas e materiais elétricos.....	72
Figura 4.6 - Evolução da Indústria Eletroeletrônica no faturamento do PIM.....	74
Figura 5.1 - Cadeia Produtiva do Plástico.....	81
Figura 5.2 - Produção mundial de plásticos em milhões de toneladas.....	82
Figura 5.3 - Produção mundial de plástico por região em 2013.....	83
Figura 5.4 - Produção Nacional de Transformados Plásticos em milhões de toneladas.....	84
Figura 5.5 - Percentual médio de utilização da capacidade instalada na Indústria de Materiais Plásticos.....	85
Figura 5.6 - Evolução da Indústria de Materiais Plásticos no faturamento do PIM.....	86
Figura 5.7 - Ciclo de Operação da Máquina Extrusora.....	89
Figura 5.8 - Ciclo de Operação da Máquina de Injeção Plástica.....	90
Figura 5.9 - Consumo específico de energia elétrica da indústria química.....	92

Figura 5.10 - Consumo específico de energéticos MWh/ton.....	97
Figura 6.1 - Etapas para a realização de uma auditoria energética.....	99
Figura 6.2 - Conteúdo típico de um relatório de auditoria energética.....	100
Figura 6.3 - Etapas do trabalho.....	113
Figura 6.4 - Questionário para a indústria.....	114
Figura 6.5 - Analisador de energia Power Pad da AEMC.....	117
Figura 6.6 - Analisador de energia SMART P600 da IMS.....	117
Figura 7.1 - Variação da Demanda na Ponta e Fora de ponta em 2014 na Indústria de Bebidas.....	120
Figura 7.2 - Consumo de energia em 2013 e 2014 na Indústria de Bebidas.....	120
Figura 7.3 - Potencial para eficiência energética nos sistemas consumidores da Indústria de Bebidas.....	121
Figura 7.4 - Variação da Demanda na Ponta e Fora de ponta em 2014 na Indústria Eletroeletrônica.....	123
Figura 7.5 - Consumo de energia em 2014 e 2015 na Indústria Eletroeletrônica.....	124
Figura 7.6 - Potencial para eficiência energética nos sistemas consumidores da Indústria Eletroeletrônica.....	125
Figura 7.7 - Variação da Demanda na Ponta e Fora de ponta em 2014 na Indústria de Materiais Plásticos.....	126
Figura 7.8 - Consumo de energia em 2014 na Indústria de Materiais Plásticos.....	127
Figura 7.9 - Potencial para eficiência energética nos sistemas consumidores da Indústria Termoplástica.....	128
Figura 7.10 – Potência ativa total trifásica na Câmara Fria 1 e 2.....	137
Figura 7.11 – Potência ativa total trifásica na Câmara Fria 3.....	138
Figura 7.12 - Correntes Trifásicas na Câmara Fria 3.....	139

Figura 7.13 – Potência ativa total trifásica no <i>Chiller</i>	140
Figura 7.14 - Potência ativa total trifásica na Área da Qualidade.....	141
Figura 7.15 - Potência ativa total trifásica na Área de Produção.....	142
Figura 7.16 – Tensões trifásica na Área de Produção.....	143
Figura 7.17 - Potência ativa total trifásica no <i>Chiller</i>	144
Figura 7.18 - Potência ativa total trifásica no Compressor e Secador.....	146
Figura 7.19 - Potência ativa total trifásica na Área Fabril de 380 V.....	147
Figura 7.20 - Potência ativa total trifásica na Área Fabril de 440 V.....	148
Figura 7.21 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 7).....	150
Figura 7.22 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 3).....	151
Figura 7.23 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 4).....	153
Figura 7.24 - Potência ativa total trifásica na Máquina Injetora (<i>Fancoil</i>).....	154
Figura 7.25 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 3).....	155
Figura 7.26 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 2).....	156
Figura 7.27 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 2).....	158
Figura 7.28 - Potência ativa total trifásica nos Compressores (Conjunto de 5).....	159
Figura 7.29 - Potência ativa total trifásica no Compressor.....	160
Figura 7.30 - Potência ativa total trifásica nos <i>Chillers</i>	161

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Barreiras à eficiência energética.....	36
Tabela 2.2 - Perfil de consumo de eletricidade na indústria brasileira (energia final).....	38
Tabela 2.3 - Potencial de conservação de conservação de energia BEU (103 tep/ano).....	38
Tabela 2.4 - Potencial de conservação na indústria.....	39
Tabela 3.1 - Os dez maiores países produtores de cervejas em 2013.....	46
Tabela 3.2 - Participação nacional da indústria de cervejas.....	51
Tabela 3.3 - Participação nacional da indústria de refrigerantes.....	54
Tabela 3.4 - Representatividade do segmento de Bebidas no Polo industrial de Manaus.....	56
Tabela 3.5 - Oportunidades para eficiência energética no segmento de bebidas.....	61
Tabela 3.6 - Principais produtos fabricados pela indústria de bebidas participante do estudo 2014.....	64
Tabela 4.1 - Representatividade do segmento de Eletroeletrônico no Polo Industrial de Manaus.....	73
Tabela 4.2 - Oportunidades para eficiência energética e operacional no segmento Eletroeletrônico	76
Tabela 4.3 - Principais produtos fabricados pela indústria eletroeletrônica participante do estudo.....	78
Tabela 4.4 - Percentual de montagem e fabricação dos eletrodomésticos na unidade.....	79
Tabela 5.1 - Representatividade do segmento de Materiais Plásticos no Polo Industrial de Manaus.....	85
Tabela 5.2 - Oportunidades para eficiência energética no segmento de transformação de materiais plásticos.....	95

Tabela 5.3 - Principais produtos fabricados pela indústria de materiais plásticos participante do estudo.....	96
Tabela 5.4 - Principais matérias-primas utilizadas no processo produtivo.....	96
Tabela 5.5 - Principais produtos e processos produtivos.....	97
Tabela 6.1 - Faixa de classificações de tensões em regime permanente.....	104
Tabela 6.2 - Desequilíbrio de tensão.....	104
Tabela 6.3 - Baixo fator de potência.....	107
Tabela 6.4 - Distorções harmônicas.....	109
Tabela 7.1 - Suprimento de Energia Elétrica na Indústria de Bebidas.....	119
Tabela 7.2 - Suprimento de Energia Elétrica na Eletroeletrônica.....	123
Tabela 7.3 - Suprimento da Energia Elétrica na Indústria de Materiais Plásticos.....	126
Tabela 7.4 - Consumo específico de eletricidade das instalações industriais.....	129
Tabela 7.5 - Fator de carga das instalações industriais.....	132
Tabela 7.6 - Custo médio da energia nas instalações industriais.....	133
Tabela 7.7 - Pontos selecionados e período de medição na Indústria de Bebidas.....	134
Tabela 7.8 - Pontos selecionados e período de medição na Indústria Eletroeletrônica.....	135
Tabela 7.9 - Pontos selecionados e período de medição na Indústria de Materiais Plásticos.....	135
Tabela 7.10 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Câmara Fria 1 e 2.....	136
Tabela 7.11 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Câmara Fria 3.....	138
Tabela 7.12 - Resultados das grandezas elétricas medidas no Chiller.....	140
Tabela 7.13 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Área de Qualidade.....	141
Tabela 7.14 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Área de Qualidade.....	142
Tabela 7.15 - Resultados das grandezas elétricas medidas no Chiller.....	144
Tabela 7.16 - Resultados das grandezas elétricas medidas no Compressor e Secador.....	145

Tabela 7.17 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Área Fabril 380 V.....	146
Tabela 7.18 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Área Fabril 440 V.....	148
Tabela 7.19 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras conj. de 7..	149
Tabela 7.20 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras conj. de 4..	151
Tabela 7.21 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras conj. de 4..	152
Tabela 7.22 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Máquina Injetora Fancoil.....	153
Tabela 7.23 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras conj. de 3..	154
Tabela 7.24 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras conj. de 2..	156
Tabela 7.25 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras conj. de 2..	157
Tabela 7.26 - Resultados das grandezas elétricas medidas nos Compressores conj. de 5.....	158
Tabela 7.27 - Resultados das grandezas elétricas medidas no Compressor.....	159
Tabela 7.28 - Resultados das grandezas elétricas medidas nos <i>Chillers</i>	160

LISTA DE SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
ALADI	Associação LatinoAmericana de Integração
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
AVA	Acionadores de Velocidade Variável
BAT	Best Available Technologies
BEN	Balanco Energético Nacional
BEU	Balanco de Energia Útil
CA	Consumo de energia
CA _{FP}	Consumo de Energia Fora Da Ponta
CAP	Consumo de Energia na ponta
CE	Consumo Específico
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CME	Custo Médio de Energia
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CTEnerg/MCTI	Fundo Setorial de Energia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
CV	Cavalo Vapor
DOE	Department of Energy
DR	Demanda Máxima De Potência
DR _{FP}	Demanda Registrada Fora Da Ponta
DR _P	Demanda Registrada Na Ponta
EFICIND	Prospecção de Potencial para Eficiência Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética

FC	Fator de carga
FC _P	Fator De Carga na Ponta
GJ	Gigajoule
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization For Standardization
kVA	Kilo Volt-Ampère
KVAr	Kilo Volt-Ampère reativo
LCD	Televisores De Cristal Líquido
MEE	Medidas de Eficiência Energética
MJ	Megajoule
MME	Ministério das Minas e Energia
NAFTA	Tratado NorteAmericano de Livre Comércio
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NIEMA	Núcleo Interdisciplinar de Energia e Meio Ambiente
NIPE	Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Ponto De Acoplamento Comum
PIA	Pesquisa Industrial Anual
PIB	Produto Interno Bruto
PIM	Polo Industrial de Manaus
PMMA	Acrílico Polimetilmetacrilato
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SICUBE	Sistema de Controle de Produção de Bebidas

SIN	Sistema Interligado Nacional
SUDAM	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
THD	Total Harmonic Distortion
THDi	Harmônica De Corrente
THDv	Harmônica De Tensão
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
VA	Volt-Ampère
Var	Volt-Ampère reativo
w	Watt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVOS	23
2. CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL	24
2.1 SETOR INDUSTRIAL NO MUNDO	24
2.2 SETOR INDUSTRIAL NO BRASIL	26
2.2.1 CUSTO DA ENERGIA E UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA	31
2.3 DESEMPENHO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)	32
2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL	34
2.4.1 BARREIRAS PARA O USO EFICIENTE DA ENERGIA NO BRASIL	35
2.4.2 POTENCIAL TÉCNICO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	37
3. SEGMENTO INDUSTRIAL DE BEBIDAS	41
3.1 ASPECTOS GERAIS DO SEGMENTO	41
3.2 CONSUMO DE ENERGIA DO SEGMENTO DE BEBIDAS	57
3.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SEGMENTO DE BEBIDAS	60
3.4 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL PARTICIPANTE DO ESTUDO	63
4. SEGMENTO INDUSTRIAL ELETROELETRÔNICO	67
4.1 ASPECTOS GERAIS DO SEGMENTO	67
4.2 CONSUMO DE ENERGIA DO SEGMENTO ELETROELETRÔNICO	74
4.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SEGMENTO ELETROELETRÔNICO	75
4.4 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL PARTICIPANTE DO ESTUDO	77
5. SEGMENTO INDUSTRIAL DE PRODUTOS DE MATERIAIS PLÁSTICOS	80
5.1 ASPECTOS GERAIS DO SEGMENTO	80
5.2 CONSUMO DE ENERGIA NO SEGMENTO DE MATERIAIS PLÁSTICOS	87
5.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SEGMENTO DE MATERIAIS PLÁSTICOS	93
5.4 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL PARTICIPANTE DO ESTUDO	95
6. DIAGNÓSTICO DO USO DA ENERGIA ELÉTRICA E INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	99
6.1 AUDITORIA E DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	99
6.2 GESTÃO ENERGÉTICA INDUSTRIAL	101

6.3 INDICADORES RELACIONADOS À QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA	102
6.3.1 DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO	103
6.3.2 VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA	105
6.3.3 FATOR DE POTÊNCIA	106
6.3.4 DISTORÇÕES HARMÔNICAS	108
6.4 INDICADORES RELACIONADOS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	110
6.4.1 CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA	110
6.4.2 FATOR DE CARGA DA INSTALAÇÃO.....	110
6.4.3 CUSTO MÉDIO DA ENERGIA	112
6.5 ESTUDOS DE PROSPECÇÃO DE POTENCIAL PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (EFICIND).....	112
6.5.1 ETAPA I: PRÉDIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	113
6.5.2 ETAPA II: SELEÇÃO E MEDIÇÃO DOS SISTEMAS CONSUMIDORES INDUSTRIAIS	116
6.5.3 ETAPA III: DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	118
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	119
7.1 PRÉDIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	119
7.1.1 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL DE BEBIDAS.....	119
7.1.2 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL ELETROELETRÔNICA.....	123
7.1.3 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL DE MATERIAIS PLÁSTICOS.....	126
7.2 CONSUMOS ESPECÍFICOS DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS (CE)	129
7.3 FATOR DE CARGA DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS (FC).....	131
7.4 CUSTO MÉDIO DA ENERGIA.....	133
7.5 SELEÇÃO E MEDIÇÕES DOS SISTEMAS CONSUMIDORES INDUSTRIAIS	134
7.6 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DOS SISTEMAS CONSUMIDORES INDUSTRIAIS	136
7.6.1 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL DE BEBIDAS.....	136
7.6.2 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL ELETROELETRÔNICA.....	144
7.6.3 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL DE MATERIAIS PLÁSTICOS.....	149
8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	162
8.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	167
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168

1. INTRODUÇÃO

A eficiência no uso da energia entrou na agenda mundial a partir dos choques no preço do petróleo dos anos 1970, quando ficou claro que o uso das reservas de recursos fósseis teria custos crescentes. Equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados em termos de conservação da energia.

A preocupação com a questão das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global do planeta, este atribuído, em grande medida, à produção e ao consumo intenso de energia, trouxe argumentos novos e definitivos que justificam destacar a eficiência energética quando se analisa, em perspectiva, a oferta e o consumo de energia (EPE, 2010).

De acordo com Becker (2012) uma das alternativas para a obtenção de energia é a eficiência energética, e não só, a ampliação da oferta de produção. Nesse sentido, Causo (2013) sugere que a implementação de medidas e políticas de incentivo à eficiência energética e à geração renovável, além de possibilitarem redução no consumo de energia para a realização de um mesmo serviço, postergam a necessidade de expansão da oferta, o que reduz os custos com investimentos em geração, transmissão e distribuição.

Investir em eficiência energética deve ser encarado como opção estratégica, afinal ela pode ser uma alternativa para o governo no atendimento à evolução da demanda de energia, minimizando os impactos socioambientais de qualquer que seja a alternativa em expansão da geração e transmissão, no caso da energia elétrica, e da extração e distribuição, no caso do setor de óleo e gás. Promover a eficiência energética, geralmente, é o meio mais econômico e rápido de melhorar a segurança energética e reduzir emissões de gases estufa (IEA, 2008).

Diversos países no mundo passaram a desenvolver programas de eficiência energética, com o intuito de combater o desperdício. Seguindo uma tendência mundial, o governo brasileiro passou a traçar metas de redução de consumo de energia elétrica. Dessa forma, desde os anos oitenta, diversas ações têm sido implementadas no Brasil para reduzir as perdas de energia e promover a eficiência na utilização final de energia. Alguns programas foram destinados principalmente para os setores residenciais e industriais.

De acordo com estimativas realizadas a partir do Balanço de Energia Útil (BEU), o setor industrial e de transportes oferecem mais da metade do potencial de eficiência energética no Brasil. Esses dois setores representaram juntos mais de 74% do consumo energético final do país em 2013 (EPE, 2014). Desse modo, esses setores se tornam interessantes para um estudo aprofundado de eficiência energética.

Entre as principais políticas e Medidas de Eficiência Energética (MEE) para o setor industrial, podem ser citados o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e a Lei de Eficiência Energética, que estabeleceu os padrões mínimos de desempenho energético de equipamentos de uso final, onde se podem exemplificar as regulamentações posteriores decorrentes da lei número 10.295/2.001.

O Decreto nº 4.059/2001 regulamentou a referida Lei e criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), com a função, dentre outras, de elaborar um programa de metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados para cada equipamento regulamentado. Todos esses programas visaram apresentar à sociedade a importância de ações com foco no combate ao desperdício de energia elétrica, assim como o aumento de eficiência energética nos setores contemplados.

Com a finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) elabora vários documentos que contemplam a análise dos temas ligados ao mercado de energia. Na série “Estudos de Energia”, a EPE (2015) assegura que é de crucial importância para o planejamento do setor elétrico, avaliar a contribuição dos setores industriais, grandes consumidores de energia, no que se refere ao montante de eletricidade que eles demandarão do sistema elétrico. O setor industrial mantém uma relação não só com a economia nacional, mas também com a economia mundial, em função dos segmentos exportadores.

No Amazonas, a produção industrial é o segmento mais importante da economia do Estado, e tem no Polo Industrial de Manaus (PIM) uma das grandes fontes de arrecadação de tributos federais, emprego e renda na região. São mais de 500 empresas industriais implantadas,

com incentivos da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e do Governo do Estado, produzindo os mais variados tipos de bens, com alto nível tecnológico, *designers* modernos e boa qualidade, envolvendo principalmente os segmentos de eletroeletrônicos, bens de informática, duas rodas, termoplástico, químico, metalúrgico e descartável (SEPLAN, 2010).

O PIM não tem o seu processo de crescimento associado à utilização intensiva da base de recursos naturais e florestais existentes, tornando-se dessa forma, instrumento econômico de proteção da Amazônia. As argumentações de Rivas *et. al* (2009) asseguram que o Polo Industrial de Manaus produziu uma importante externalidade positiva para o Brasil e o resto do mundo; a conservação da floresta amazônica através da redução na pressão para o desmatamento da Amazônia brasileira. Foi criado com o objetivo precípua de levar o desenvolvimento econômico a uma área isolada e rica em recursos naturais e ambientais, de modo que seus benefícios foram para o além do econômico.

Atualmente, a eficiência energética e seu potencial são analisados principalmente através da verificação dos indicadores de energia, chamados *benchmarking*. Segundo Ke *et. al* (2013) em todo mundo, o *benchmarking* de energia é muito reconhecido por ser eficaz no aprimoramento da eficiência energética industrial pois, avalia o desempenho energético de um sistema individual de encontro a um sistema de referência. Aferição da energia com base nas melhores práticas é particularmente útil para identificar as ineficiências de energia nos processos de produção para estimar o potencial de poupança energética.

Segundo Viana *et al*, (2012) de uma maneira geral, pode-se afirmar que a eficiência energética aumenta quando se consegue realizar um serviço e/ou produzir um bem com uma quantidade de energia inferior à que era usualmente consumida. Para se poder quantificar esta melhoria utiliza-se os chamados indicadores de eficiência energética. Dentre os indicadores mais comuns e que apresentam maior utilização, pode-se destacar o Consumo Específico de Energia (CE), o Fator de Carga da Instalação (FC) e o Custo Médio de Energia (CME) .

O crescente interesse na racionalização de energia para o aumento da eficiência dos sistemas elétricos resultou em uma crescente aplicação de equipamentos de alta eficiência. Além

dos indicadores de eficiência energética, a verificação dos parâmetros relacionados a qualidade da energia nos sistemas consumidores são fundamentais. Especialmente no setor industrial, onde a qualidade da energia é a base para que os equipamentos funcionem. Todas as grandezas elétricas devem estar sob controle constante para que não sejam motivos de perdas paradas e prejuízos.

Nesse sentido, configura-se como base motivacional para a elaboração dessa dissertação o cenário de oportunidades do uso eficiente da energia na indústria, onde o contexto atual apresenta: incertezas no atendimento de demandas crescentes por energéticos; estes com preços cada vez mais elevados, obrigações perante as mudanças climáticas e setor industrial brasileiro com grandes potenciais de eficiência energética.

A literatura atual carece de estudos acadêmicos e oficiais sobre as características de consumo de eletricidade por segmentos no PIM. Dessa forma é importante avaliar como e com qual eficiência a energia está sendo consumida nas indústrias do Polo Industrial de Manaus. Logo, a aferição dos indicadores de eficiência e qualidade da energia elétrica surge como direcionamento para identificação das possíveis oportunidades para eficiência energética nos principais sistemas consumidores industriais.

1.1 OBJETIVOS

Considerando as questões abordadas, o objetivo geral deste trabalho titulado “Potencial para eficiência energética em segmentos do Polo Industrial de Manaus/AM” é identificar os potenciais de eficiência, em face dos indicadores de eficiência energética e qualidade da energia elétrica, em indústrias dos segmentos de Bebidas, Eletroeletrônico e de Materiais Plásticos do PIM.

Para a consecução do objetivo geral, os objetivos específicos sintetizados são:

- Caracterizar os segmentos de Bebidas, Eletroeletrônico e de Materiais Plásticos em níveis internacionais, nacionais e regionais;
- Realizar o Pré-diagnóstico energético das instalações selecionadas com bases nos dados de consumo fornecidos através de questionários e visitas de campo;
- Determinar os Indicadores de Eficiência Energética – Consumo Específico de Energia, Fator de carga e Custo médio da Energia – para as unidades investigadas e comparando-os com os valores encontrados na literatura;
- Avaliar a qualidade da energia elétrica em face das grandezas elétricas aferidas nos principais sistemas consumidores das três indústrias investigadas.

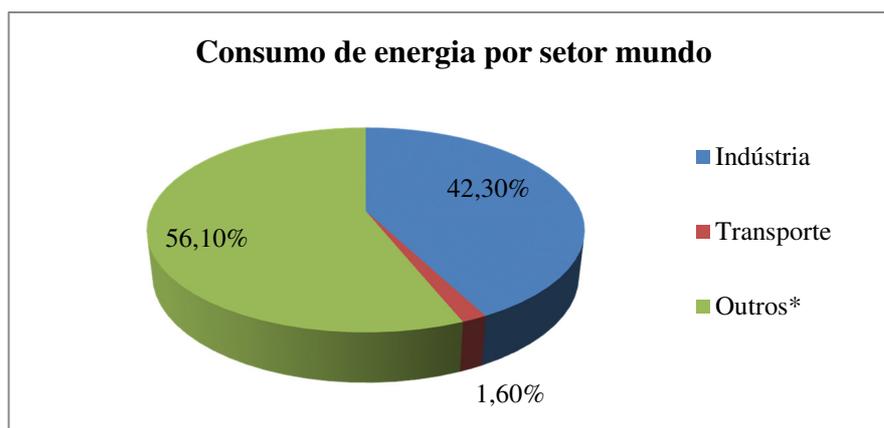
2. CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL

2.1. SETOR INDUSTRIAL NO MUNDO

A indústria representa mais de um terço do consumo total da energia mundial. A demanda da indústria de energia final do mundo continua a crescer como resultado da expansão dos volumes de produção, uma tendência que deverá continuar nas próximas décadas como o aumento do padrão de vida nas regiões em desenvolvimento. Neste contexto, as empresas estão enfrentando um futuro de restrições, incluindo o acesso restrito à energia e meio-fios na emissão de dióxido de carbono (ABB, 2011).

Segundo a *International Energy Agency* (IEA, 2014) na matriz de demanda por setor, a indústria é a maior usuária de energia no mundo (Figura 2.1).

Figura 2.1 – Consumo de energia por setor mundo, 2014.



Fonte: IEA, 2014.

Nos últimos 20 anos se intensificaram os avanços em eficiência energética nas indústrias de uso intenso da energia a nível global. No entanto, ainda existe um potencial significativo de eficiência mundial, principalmente nas economias e¹mergentes.

A intensidade global de energia reduziu 1,4% ao ano entre 1990 e 2009. Tem-se que 80% dos países reduziram seu consumo energético desde 1990. Esta tendência é relacionada pela combinação dos efeitos do alto preço da energia, programas de eficiência energética, mais recentemente, políticas para a diminuição das emissões de CO₂ nos países da

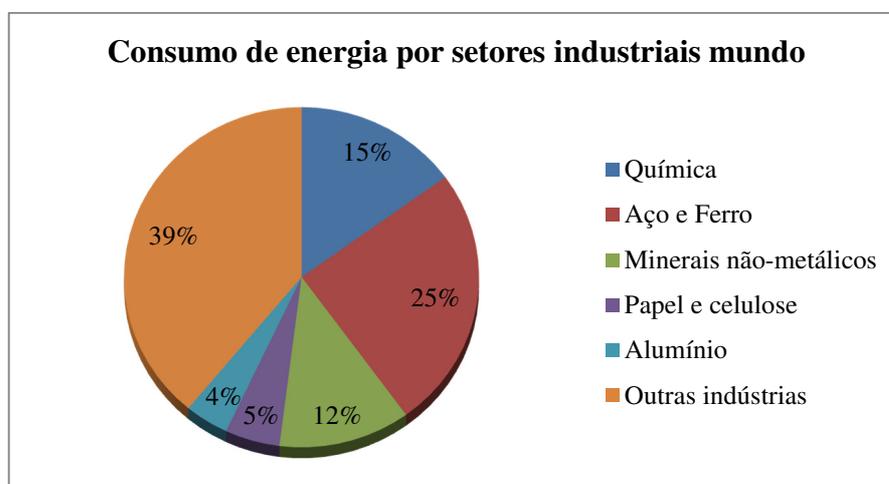
¹ *Inclui agricultura, serviços públicos e comerciais, residencial e não especificados.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e o movimento de economias para o setor de serviços. A crise global de 2009 impactou na desaceleração do crescimento industrial e na intensidade industrial de energia nos países desenvolvidos (ABB, 2011).

A nível mundial, o percentual de consumo de eletricidade na indústria aumentou de 20% em 1990 para 24% em 2009. Os maiores crescimentos foram constatados em países emergentes da Ásia, principalmente na China. No entanto a energia requisitada por unidade de valor (intensidade industrial) diminuiu em todas as regiões desde 1990, este resultado dá-se pela globalização das atividades industriais (ABB, 2011).

A indústrias de produtos de ferro e aço, químico, papel e celulose, alumínio e minerais não-metálicos são responsáveis por cerca de metade de toda a energia utilizada no setor industrial (Figura 2.2). As outras indústrias restantes incluem setores de manufatura e não manufatura (agricultura, construção e mineração).

Figura 2.2 - Consumo de energia por setores industriais mundo



Fonte: ABB, 2013.

A indústria de aço e ferro é principal consumidora de energia, com participação acima dos 25% do consumo industrial global (ABB, 2013). Metade da produção de aço bruto do mundo é fornecido pela China, Japão e Estados Unidos, o Brasil aparece como o décimo maior produtor. Uns dos grandes impactos sobre a eficiência energética na indústria do aço, é o desempenho energético inferior de países com consumo específico de 1,5 a 2 vezes maiores como na Rússia, China, Ucrânia e Brasil, explicados pelo uso de processos ultrapassados ou

plantas de pequeno porte. O potencial para a eficiência nesse setor pode chegar a 40% com medidas e processos eficientes (ABB, 2011).

A indústria química é a segunda maior consumidora de energia com mais de 15% do consumo industrial global (ABB, 2013). Os Estados Unidos se destacam com a presença das maiores indústrias energo-intensivas do setor. A tendência mundial indica uma redução no consumo de energia na indústria química, que pode ser explicado por uma mudança no mix de produtos químicos pesados a leves (ABB, 2011). O potencial para a eficiência no setor é de em média 20% (IEA, 2008).

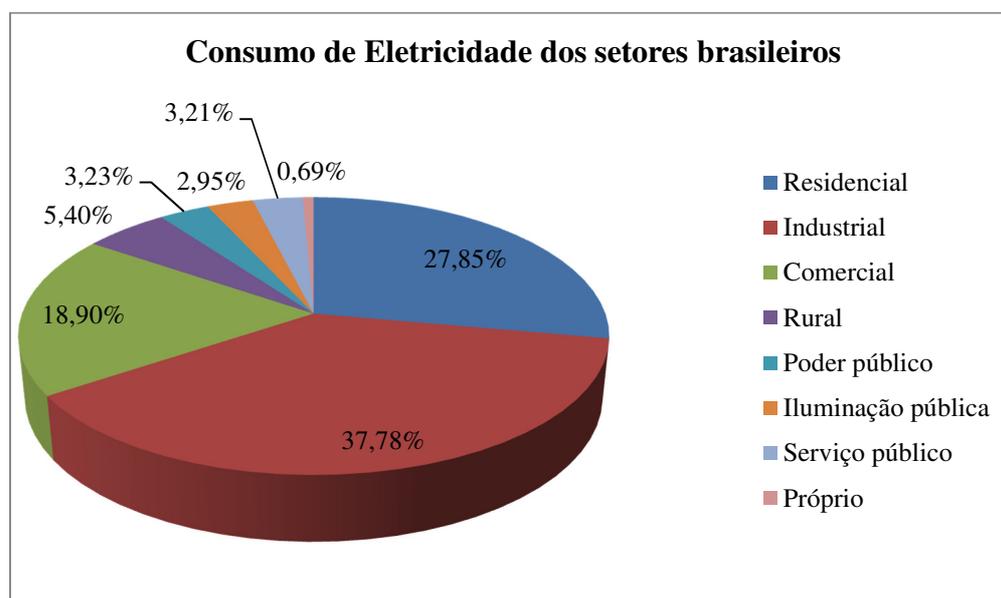
A indústria de minerais não-metálicos (cimento, cerâmica, tijolo e vidro) possui um percentual próximo de 12% do consumo de energia mundial, sendo portanto a terceira maior consumidora (ABB, 2013). As indústrias de papel e de alumínio participam respectivamente com 5% e 4% do consumo de energia global (ABB, 2013). A produção de papel é um processo que consome muita energia. Indústrias têm optado pela cogeração de energia em seus processos além de reciclagem de materiais (IEA, 2008). Dessa forma essas indústrias apresentaram redução no consumo de energia em alguns países. O potencial de eficiência da indústria de alumínio que chega a aproximadamente 15% (ABB, 2008). O maior produtor primário de alumínio é China e o Brasil aparece na sexta maior produção (IEA, 2008).

Análises realizadas na indústria mostram que a aplicação de novas tecnologias e melhores práticas a escala mundial poderia economizar entre 25 EJ e 37 EJ por ano, o que representa entre 18% e 26% de consumo de energia primária atual na indústria (IEA, 2008).

2.2 SETOR INDUSTRIAL NO BRASIL

O setor industrial responde por 35% de todo o consumo de energéticos no Brasil, sendo o maior consumidor final de energéticos no Balanço Energético Nacional (BEN) ano base 2014 (EPE, 2015).

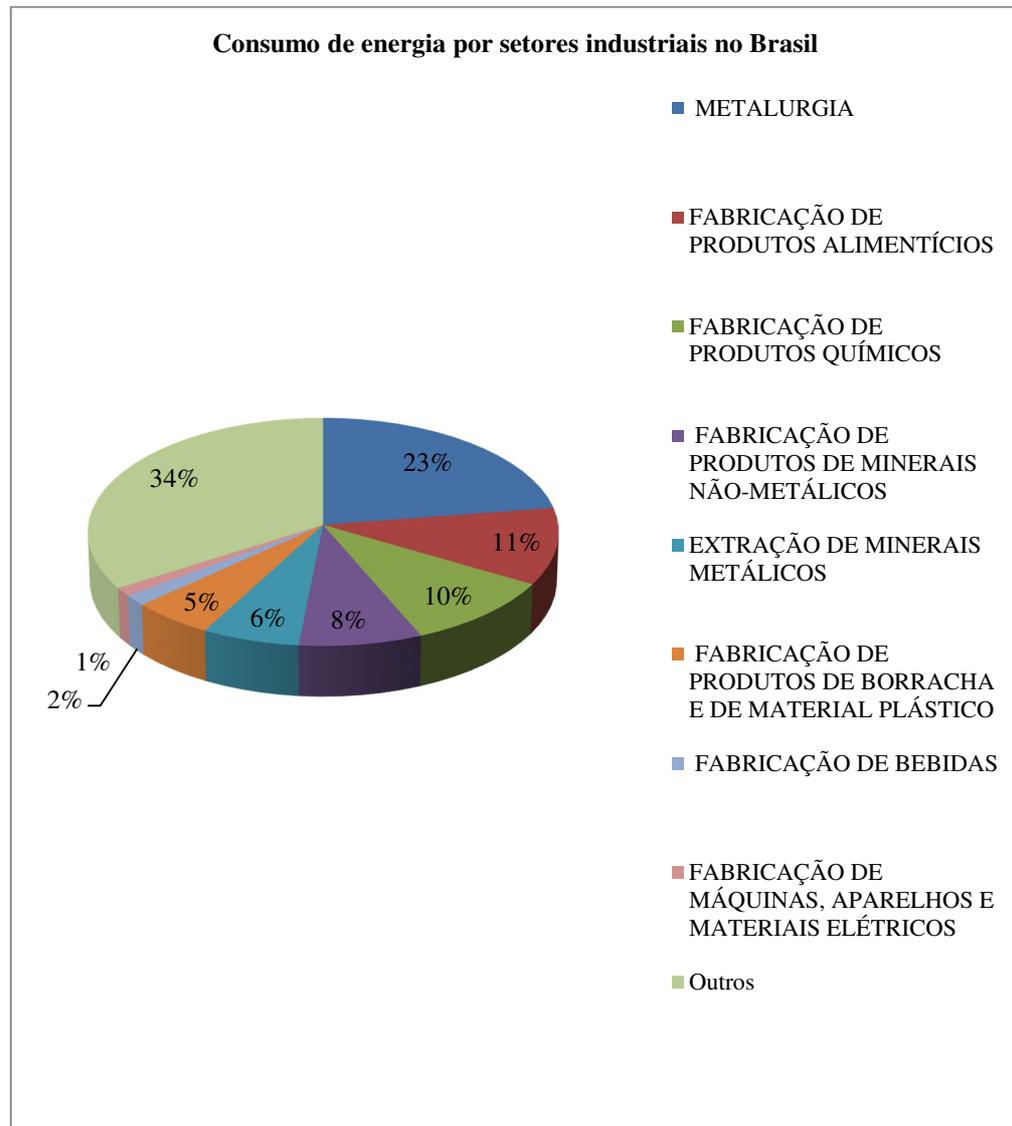
Com relação à porcentagem de consumo de eletricidade (GW) por setores no Brasil (Figura 2.3), novamente o setor industrial foi o maior consumidor com 37,78 %, seguido pelo consumo residencial com 27,85% e comercial com 18,90%. Assim sendo, a segurança do abastecimento de energia merece a atenção permanente da Confederação Nacional da Indústria (CNI).

Figura 2.3 – Consumo de eletricidade dos setores brasileiros em 2014

Fonte: EPE, 2015.

O consumo industrial de energia elétrica no Brasil por segmento aponta a metalurgia (23%), fabricação de produtos alimentícios (11%) e químicos (10%) como os mais consumidores (Figura 2.4).

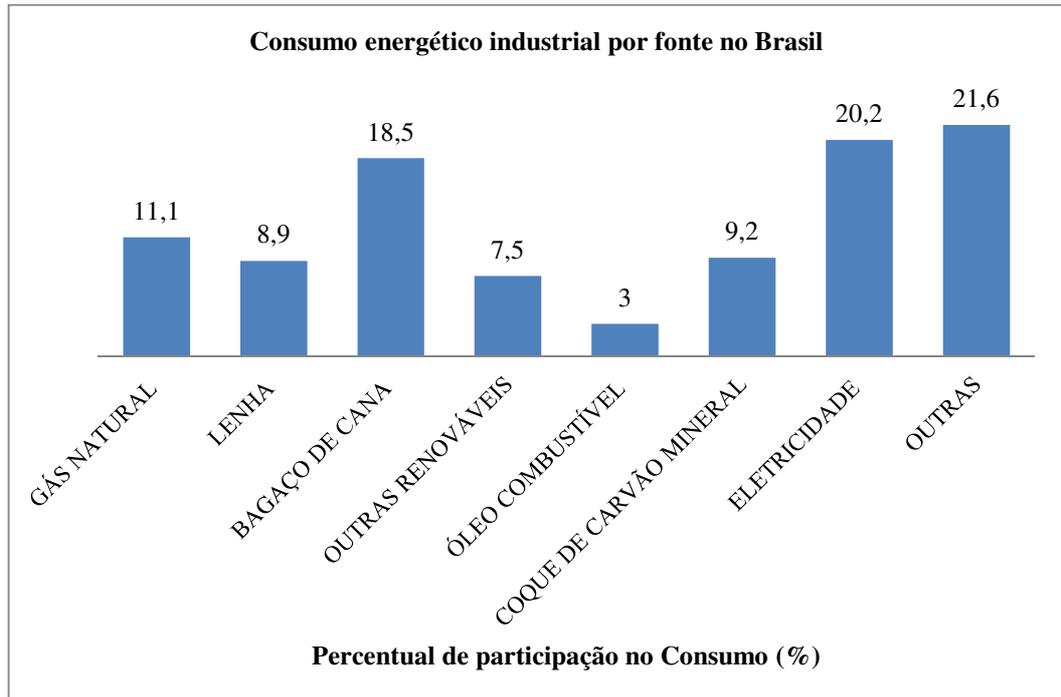
Comparando com o consumo industrial por segmento a nível mundial, já discutido, o consumo brasileiro também possui a metalurgia como o grande segmento consumidor de energia, principalmente nas regiões Norte (73,9%), Nordeste (35,2%) e Sudeste (22,4%) onde este setor possui maior participação em suas respectivas regiões (EPE, 2013b).

Figura 2.4 - Consumo de energia por setores industriais no Brasil em 2014

Fonte: EPE, 2015.

Segundo o Balanço Energético Nacional, dentre os insumos energéticos utilizados pelo setor industrial brasileiro, a eletricidade desponta como a maior fonte de energia, com 20,2% de participação no setor, conforme ilustrado na Figura 2.5.

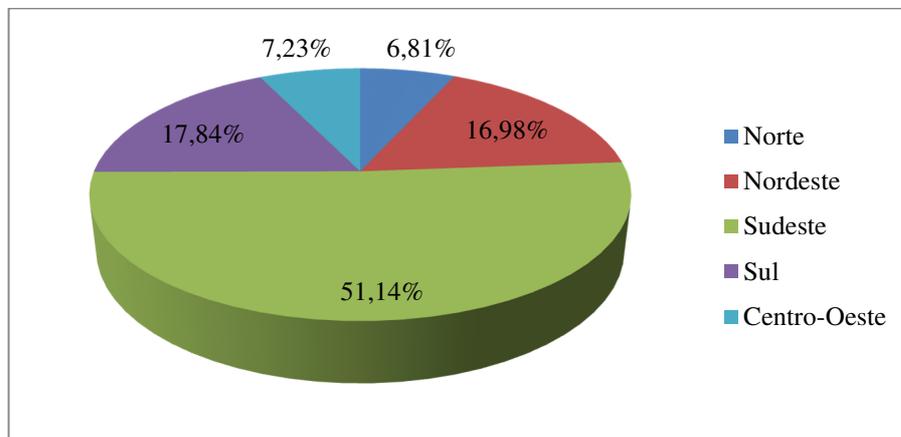
Figura 2.5 - Consumo energético industrial por fonte no Brasil em 2014



Fonte: EPE, 2015.

O consumo industrial de energia elétrica no Brasil por região geográfica é fornecido pelo Anuário Estatístico de Energia elétrica (EPE, 2015) que aponta a indústria da região Sudeste (51,14%) como a maior consumidora e a região Norte (6,81%) com a menor participação (Figura 2.6) no consumo de energia elétrica (GWh). Esse resultado é compreensível tendo em vista que as regiões sul e sudeste concentram mais de 88% das unidades consumidoras industriais.

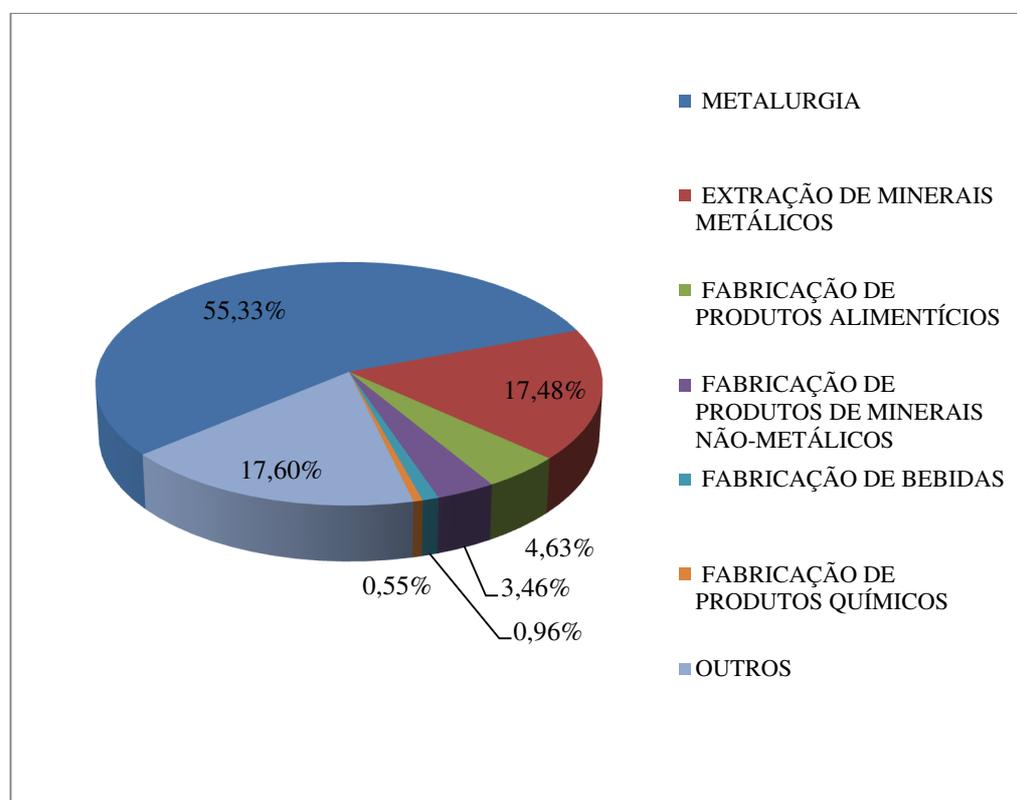
Figura 2.6 - Consumo industrial por região geográfica



Fonte: EPE, 2015.

Já os segmentos industriais mais consumidores de energia da Região Norte por segmento são apresentados na Figura 2.7.

Figura 2.7 - Consumo de energia industrial da região norte



Fonte: EPE, 2015.

Pode-se atribuir a indústria metalurgia do Estado do Pará o alto percentual de consumo de energia, pois nesse Estado estão localizadas as maiores usinas de ferro-gusa independentes do Brasil, ou seja, a principal atividade da metalurgia nesse estado é a siderurgia.

Segundo o informativo preliminar Diário da Operação (ONS, 2013) no dia 9 de julho de 2013 foi interligado ao Sistema Interligado Nacional (SIN), a partir do estado do Pará, o sistema de transmissão em 230 kV existente no estado do Amazonas, abrangendo os municípios de Manaus, Presidente Figueiredo, Iranduba, Manacapuru e Rio Preto da Erva.

O Sistema de Manaus operava totalmente de forma isolada e com grande dependência da geração térmica, a gás natural e a óleo combustível. Com a integração ao SIN, pretende-se reduzir gradativamente a dependência da geração térmica existente, almejando a confiabilidade no atendimento a esta área.

Com efeito, a entrada de Manaus no SIN despontou um expressivo destaque na taxa de crescimento do Subsistema Norte, com reflexo também, na participação das indústrias do Amazonas, no consumo industrial da Região Norte, visto que o Amazonas concentra 24 % das unidades consumidoras industriais da região Norte (3.082 unidades), segundo a EPE (2015).

Segundo a Eletrobrás Amazonas Energia (2011) em Manaus são atendidos em alta tensão: 28 clientes no tipo A3 (tensão de fornecimento igual a 69 kV) e 1.957 clientes no A4 (tensão de fornecimento de 13,8 kV).

No Amazonas, o consumo de energia (GWh) do setor residencial foi o mais representativo em 2014 com 32,05% de participação, seguido pelo setor industrial (28,48%) e comercial (20,88%). Em 2013 e 2014, as Indústrias do Amazonas consumiram aproximadamente 1.787,0 GWh de eletricidade. Comparando com 2012, houve uma queda de 1,6% no consumo industrial em virtude do quadro recessivo da indústria.

2.2.1 CUSTO DA ENERGIA E UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA

Com relação ao custo da energia para a indústria nacional, dados da FIRJAN (2015) apontam que a tarifa média no Brasil atual é de 540 R\$/MWh, com crescimento expressivo ao longo dos anos. A média internacional divulgada foi de 257,50 R\$/MWh. O Brasil ocupa atualmente a sexta posição entre os 28 países que têm o custo de energia mais caro do mundo para a indústria, de acordo com o Anuário Estatístico (EPE, 2015).

No *ranking* estadual o estado do Rio de Janeiro apresenta o maior custo (653,27 R\$/MWh). No Amazonas o custo médio industrial da energia média é o terceiro menor no cenário nacional com 340,66 R\$/MWh.

O percentual de utilização da capacidade instalada é a parcela da capacidade de produção operacional da unidade utilizada em condições normais de funcionamento no mês de referência, expressa em porcentagem. O percentual pode variar de 0% a 100%. Segundo a CNI (2015) a indústria brasileira operou, em média, com 81,5% da capacidade instalada durante o ano de 2014, no primeiro semestre de 2015 a média de utilização da capacidade instalada diminuiu para 79,4%.

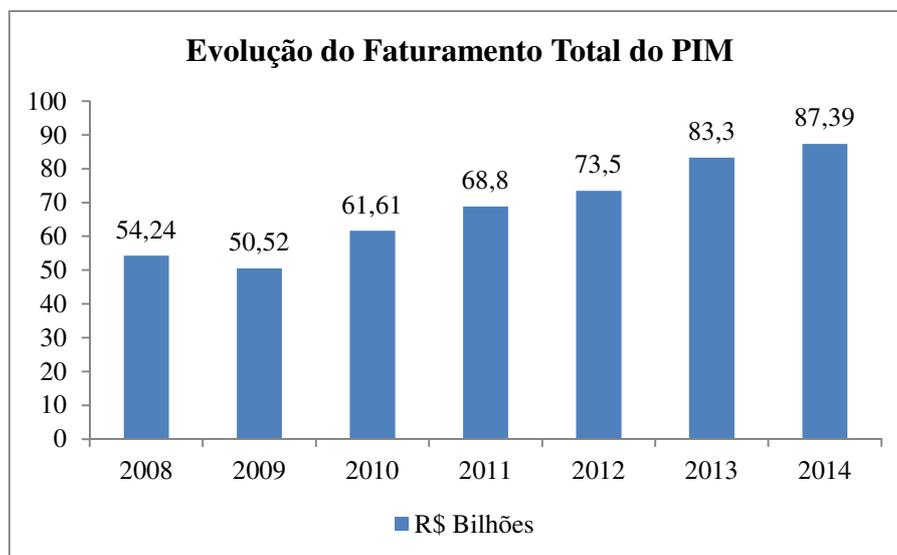
2.3 DESEMPENHO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)

O Polo industrial de Manaus é grande responsável pelo desenvolvimento socioeconômico do Amazonas. O PIM contribui para que o Estado possua o maior PIB industrial da região Norte (R\$ 19,3 bilhões) e 2% do PIB da indústria nacional. A indústria representa 36,7% da economia do Estado e paga o quarto maior salário industrial médio do Brasil, (CNI, 2015).

Em 2013, o conjunto das empresas do PIM, cresceu 13,31% desde 2008 a 2013 totalizando mais de R\$ 83,28 Bilhões. Em 2014, o Polo Industrial de Manaus (PIM) encerrou o ano com faturamento de R\$ 87,3 bilhões (US\$ 37 bilhões). Na moeda brasileira, o valor representa um aumento de 4,74% em relação ao ano anterior (R\$ 83,3 bilhões). Este é o maior valor já registrado pela Superintendência da Zona Franca de Manaus.

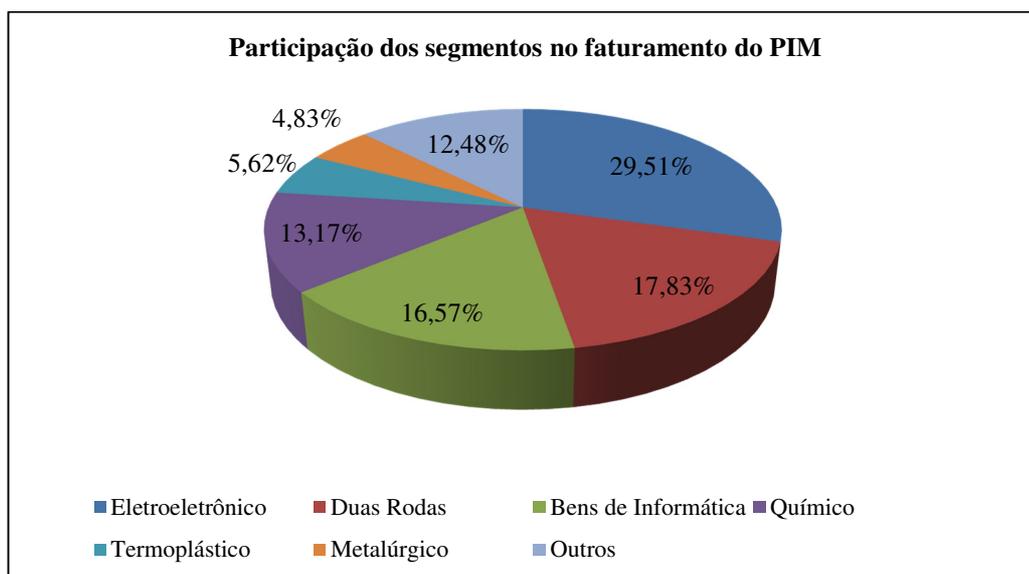
A Figura 2.8 mostra a evolução do faturamento do PIM nos últimos sete anos.

Figura 2.8 - Evolução do Faturamento total do PIM



Fonte: SUFRAMA, 2015.

A participação dos segmentos no faturamento do PIM (Figura 2.9) mostram a força das indústrias de eletroeletrônicas, duas rodas e bens de informática. Juntas concentram mais de 60% do faturamento do Polo Indústria de Manaus.

Figura 2.9 - Participação dos segmentos no faturamento do PIM (R\$) em 2014

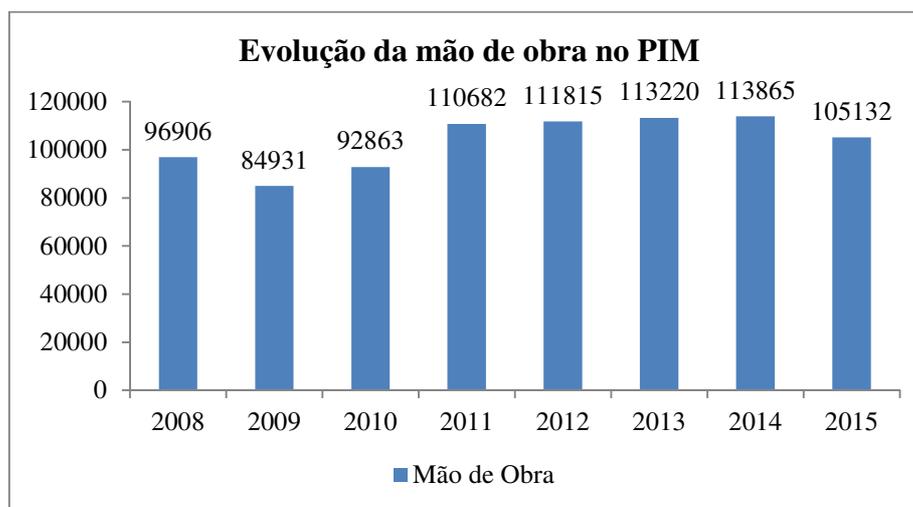
Fonte: SUFRAMA, 2015.

Os principais produtos fabricados, por faturamento, em 2013, foram; Televisor c/ Tela LCD (14,5%), Motocicletas (12,5%), e Telefone Celular (9,2%) (SUFRAMA, 2015).

A Balança Comercial do Estado do Amazonas (SEPLAN, 2015) registrou valores de exportações e importações no mês de junho de 2015 na ordem de US\$ F.O.B 60,511 milhões e US\$ F.O.B 678,455 milhões, respectivamente. Analisando o mês de junho entre os anos de 2013 a 2015, houve um decréscimo de 37,20%.

De um total de mais de 100 produtos exportados pelo Amazonas, as principais exportações até junho de 2015 eram as preparações para elaborações de bebidas com 35,20% das exportações; seguidas de lâminas de barbear com 7,91%; motocicletas 7,60% e aparelhos de barbear não elétricos com 7,50% das exportações. Os principais destinos internacionais das exportações são países como a Venezuela com 24,97% e a Argentina com 17,77% das exportações. Principais países de origem das importações do Estado do Amazonas em 2014 foram a China (39,08%) e a Coréia do Sul (20,68%) (SEPLAN, 2015).

Na evolução da mão de obra observa-se que em 2014 o PIM gerou mais de 113 mil empregos diretos. No entanto, com o ritmo lento da economia em 2015, houve uma redução de 8.737 empregos, aproximadamente 7,5% com relação a 2014 (Figura 2.10).

Figura 2.10 - Evolução da mão de obra no PIM

Fonte: SUFRAMA, 2015

Os setores que concentram o maior número de empregados são os de eletroeletrônicos (43,58%) e duas rodas (16,17%).

Com relação às características de consumo de energia das indústrias do Estado do Amazonas, ainda não foi possível obter na literatura qual perfil energético de alguns segmentos, principalmente nos setores que possuem alta representatividade para economia, geração de emprego e PIB locais.

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) tem como objetivo, orientar as ações a serem implementadas no sentido de se atingir metas de economia de energia no contexto do Planejamento Energético Nacional. As metas de economia de energia são para um horizonte de 20 anos, 2011 - 2030. No início está previsto a redução de energia em cerca de 0,5% de toda a demanda de base do cenário energético, atingindo cerca de 10% no acumulado de 2030. O equivalente a uma economia de 106 TWh (EPE, 2007).

No Brasil as possibilidades em eficiência energética são grandes e os primeiros passos já foram dados: tem-se um balanço energético padronizado e alguns programas de eficiência energética desenvolvidos pela Eletrobrás como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), pela Petrobrás tem-se o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), tais programas ainda se

apresentam de forma relativamente modesta quanto suas eficácias globais perante os consumos nacionais (SILVA, 2013).

Criado em 1985 pelo Governo Federal, PROCEL foi criado com o propósito de combater o desperdício de energia elétrica, estimular o uso eficiente e racional de energia elétrica e fomentar e apoiar a formulação de leis e regulamentos voltados para as práticas de eficiência energética. Já no ano de 1991, foi lançado o CONPET que teve como objetivo racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural; reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera; promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética (EPE, 2014).

Outra grande iniciativa é Lei n.10.295, chamada Lei da Eficiência Energética, sancionada em outubro de 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Tal lei prevê o estabelecimento de "níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país", responsabilidade do Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), constituído pelo Executivo nos termos do Decreto 4.059, também de 2001.

2.4.1 BARREIRAS PARA O USO EFICIENTE DA ENERGIA NO BRASIL

Ainda que já exista um conhecimento sobre estratégias políticas e alternativas tecnológicas sobre uso racional e eficiente da energia, ainda existem muitas barreiras a serem superadas para a garantia de um avanço em nível de eficiência energética apropriado.

De acordo com Goldemberg (2010), a eficiência energética é um componente da eficiência econômica, mas raramente é um fator dominante na indústria, pois o setor produtivo considera a energia apenas como um dos insumos da produção. A partir dos anos setenta, devido às crises do petróleo, que provocaram a elevação nos preços dos combustíveis, e pressionada pelos movimentos sociais, que passaram a exigir melhores níveis de preservação ambiental, a indústria foi levada a implantar medidas de conservação de energia e a adotar ações para minimizar a emissão de poluentes.

A Tabela 2.1 aponta as principais barreiras relacionadas à eficiência energética no Brasil.

Tabela 2.1 – Barreiras à eficiência energética

Principais Barreiras à eficiência energética	
<i>Barreiras técnicas e econômicas</i>	<p>Custos e incertezas relacionados às novas tecnologias: tecnologias mais eficientes são mais caras quando comparadas a outras menos eficientes e já estabelecidas no mercado.</p> <p>Falta de conhecimento detalhado sobre as vantagens econômicas e ambientais das várias fontes de energia e seus usos finais.</p> <p>Falta de recursos para avanços tecnológicos: a falta de recursos em pesquisas e desenvolvimento, linhas de crédito específicas para investimentos em novas tecnologias e a aversão a riscos.</p> <p>Custos relacionados à promoção da eficiência energética e ao uso de fontes alternativas. A alocação de recursos depende de decisões políticas e comprometimento empresarial.</p>
<i>Barreiras relacionadas aos produtores, distribuidores e fabricantes de equipamentos</i>	<p>Dilema dos fornecedores: resistência aos investimentos por parte das concessionárias de energia, também poderiam ser estabelecidas tarifas baseadas em custos marginais, diminuição da demanda, diminuição nas perdas da rede de distribuição, interesse em utilizar seu produto de forma eficiente.</p> <p>Resistência à eficiência: Esse problema está diretamente relacionado aos custos de produção uma vez que equipamentos mais eficientes são mais dispendiosos.</p>
<i>Barreiras relacionadas aos consumidores</i>	<p>Falta de informação a respeito dos benefícios provenientes da conservação de energia em âmbito doméstico e corporativo.</p> <p>Contexto econômico: Os custos e benefícios da conservação de energia dependem de seus preços futuros. Com essa incerteza, os consumidores tendem a adiar investimentos em conservação.</p>
<i>Barreiras políticas e institucionais</i>	<p>Compatibilidade das estratégias e políticas energéticas com problemas globais: O planejamento energético estratégico deve levar em conta a busca pela sustentabilidade. Tais políticas devem englobar o enfoque de fontes renováveis de energia.</p>

Kawano (2012) argumenta que a identificação das barreiras aponta oportunidades de atuação para que o mercado de eficiência energética industrial se torne mais dinâmico. Como por exemplo: Maior difusão de informações de financiamento de concessão de créditos; Disponibilizar capacitações para que profissionais da indústria identifiquem oportunidades de eficiência energética e consigam transformá-las em oportunidades de ganho; Incentivos a projetos pilotos para demonstração de tecnologias inovadoras; Revisão da legislação visando incentivar projetos industriais de geração de energia; Acesso direto da indústria a recursos de fundos de financiamento de projetos de eficiência energética.

Identificadas as barreiras e as oportunidades para uma efetiva ação em eficiência energética, a observação e a análise da experiência internacional poderão contribuir na configuração da melhor estratégia para as condições brasileiras.

2.4.2 POTENCIAL TÉCNICO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Conforme Marques *et al.* (2006), energia útil “significa a forma energética última, efetivamente demandada pelo usuário, devendo ser algum fluxo energético simples, como calor de alta e baixa temperatura, iluminação e potência mecânica”.

A estimativa dos valores de energia útil no Brasil é apresentada no Balanço de Energia Útil (BEU), publicado em intervalos de 10 anos, e cuja edição mais recente tem como ano base 2004. O BEU é um estudo que permite processar as informações setoriais do BEN, este disponibiliza uma ferramenta que permite o cálculo de potenciais de conservação de energia a partir de coeficientes técnicos, comparando a eficiência verificada nos processos energético com valores referenciais que corresponderiam às melhores tecnologias disponíveis comercialmente.

O perfil de consumo de eletricidade na indústria brasileira, por setor e uso final, é apresentado na Tabela 2.2, obtida a partir da aplicação dos dados do BEU 2005 ao BEN 2005. Observa-se que mais de 2/3 da energia passa por motores elétricos, reunindo-se os usos finais de força motriz e refrigeração. Aquecimento direto responde por quase 1/6, concentrado principalmente nos setores de não ferrosos e ferro-ligas. Os processos eletrolíticos, sobretudo na fabricação do alumínio e indústria de cloro-soda, absorvem mais de 1/10 da energia elétrica. A iluminação corresponde por apenas 3% (EPE, 2007).

Tabela 2.2 - Perfil de consumo de eletricidade na indústria brasileira (energia final).

Segmento	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Ilumina.	Eletroquímica	Outras	Total
Outros	12,0%	0,3%	3,8%	1,8%	1,5%	-	0,4%	19,9%
Não ferrosos	6,0%	0,0%	6,0%	-	0,0%	7,7%	0,0%	19,7%
Química	9,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	2,2%	0,0%	12,6%
Alimentos e bebidas	7,2%	0,8%	0,8%	2,1%	0,5%	0,0%	0,0%	11,5%
Ferro-gusa e aço	8,2%	0,2%	0,5%	0,0%	0,4%	0,5%	-	9,8%
Papel e celulose	7,8%	0,2%	-	0,0%	0,1%	-	0,0%	8,2%
Mineração e Pelotização	5,0%	0,1%	0,2%	-	0,1%	-	0,0%	5,4%
Têxtil	2,6%	-	-	1,8%	0,1%	-	0,0%	4,5%
Ferro-ligas	0,1%	-	4,3%	0,0%	0,0%	-	-	4,5%
Cimento	2,1%	-	-	0,0%	0,0%	-	0,0%	2,2%
Cerâmica	1,6%	-	0,1%	-	0,0%	-	-	1,8%
Total	61,8%	1,9%	16,1%	6,1%	0,1%	10,4%	0,5%	100%

Fonte: EPE, 2007.

Utilizando-se os valores apurados no Balanço Energético Nacional (BEN) para o ano base 2013 (EPE, 2014) e os parâmetros técnicos do BEU, válidos para 2004, pode-se calcular o potencial de conservação para todas as formas de energia. Os valores assim obtidos são indicados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Potencial de conservação de energia – BEU (10³ tep/ano) ano base 2013.

Uso final	Setor					TOTAL
	Residencial	Transporte	Industrial ²	Comercial ¹	Agropecuário	
Força motriz	31	7.544	1.294	45	298	9.213
Calor de processo	55	0	2.744	14	56	2.869
Aquecimento Direto	1.7709	0	3.170	57	129	5.125
Refrigeração	491	0	104	23	28	858
Iluminação	1.229	0	125	728	37	2.119
Eletroquímica	0	0,0	224	0	0	224
Total	3.576	7.544	7.660	1.036	548	20.408

Fonte: EPE, 2014.

Pode-se observar que está na força motriz o maior percentual de conservação de energia (45%) no uso final total. O setor industrial participa com 14% do potencial a ser priorizado nas ações de eficiência energética neste uso final.

O estudo de potencial de conservação de energia costuma vislumbrar três cenários de introdução das MEE; os potenciais técnicos, econômicos e de mercado.

O cenário técnico visa substituição dos usos da energia por equivalentes com tecnologia mais eficiente disponível, porém não considera os custos envolvidos. O cenário econômico corresponde a um subconjunto do potencial técnico, onde são consideradas apenas as medidas que apresentem viabilidade econômica. Busca-se verificar até que ponto seria interessante investir em evitar o uso da energia antes de expandir o sistema. Subconjunto do cenário econômico, o cenário de mercado analisa as medidas cuja adoção traria redução de custos ao usuário, analisando a taxa de desconto e a tarifa de eletricidade a que está submetido (EPE, 2012).

Estes potenciais de conservação são, então, comparados com valores correspondentes encontrados na literatura técnica Tabela 2.4:

Tabela 2.4 – Potencial de conservação na indústria

Uso final	Técnico	Econômico	Mercado
Força motriz	31%	17%	10%
Calor de processo	0%	0%	0%
Aquecimento Direto	1%	1%	0%
Refrigeração	1%	1%	0%
Iluminação	0%	0%	0%
Eletroquímica	7%	3%	2%
Total	41%	21%	12%

Fonte: EPE, 2007.

Resumindo potencial do setor industrial: Potencial técnico total é de 41%, Econômico 21% e de Mercado 12%. A força motriz tem uma participação expressiva no consumo de energia elétrica e pode apresentar expressivo potencial técnico para eficiência energética nas indústrias.

A força motriz tem uma participação expressiva no consumo de energia elétrica. No setor industrial, ela representa cerca de 70% (128 TWh) e no setor comercial e público

representa 48% (35 TWh). Isso significa 38% do consumo total brasileiro (EPE, 2013). A EPE (2010) estima que 19% das ações de soluções técnicas escolhidas para os projetos de eficiência energética envolvem troca de motores (EPE, 2010).

O Calor de processo também possui significativa fonte de oportunidade de racionalização do consumo de energia no Brasil. A utilização de vapor ou outro fluido térmico como vetor energético é muito comum na indústria, especialmente na energia-intensiva.

Com relação ao ar comprimido, uma instalação típica industrial americana consome 10% de sua eletricidade em produção de ar comprimido, sendo o ar comprimido uma das fontes mais caras de energia de uma instalação (SILVA, 2013). Cerca de 8% da análise das soluções técnicas escolhidas para os projetos de eficiência envolvem melhorias em sistemas de ar comprimido (EPE, 2010).

O aquecimento direto é uma das principais fontes de racionalização do consumo de energia no Brasil, com mais de 50% do total de oportunidades. Na iluminação, 20% das análises das soluções técnicas escolhidas para os projetos de eficiência energética envolvem melhorias em sistemas de iluminação (EPE, 2010).

3. SEGMENTO INDUSTRIAL DE BEBIDAS

As indústrias de Alimentos e Bebidas frequentemente compartilham características e dados estatísticos na literatura, o que é natural, pois ambas são muito próximas e se destinam à nutrição humana. Uma investigação mais criteriosa, entretanto, permite observar uma diferença fundamental entre esses dois setores. Dados da Confederação Nacional da Indústria (2015) apontam que o faturamento da indústria de Alimentos é cinco vezes maior que o de Bebidas. A maior parte da composição das bebidas é a água, o que influencia na formação dos preços dos produtos do segmento. Além disso, a indústria de bebidas tem como característica a produção de bens relativamente homogêneos e destinados, basicamente, ao consumo interno.

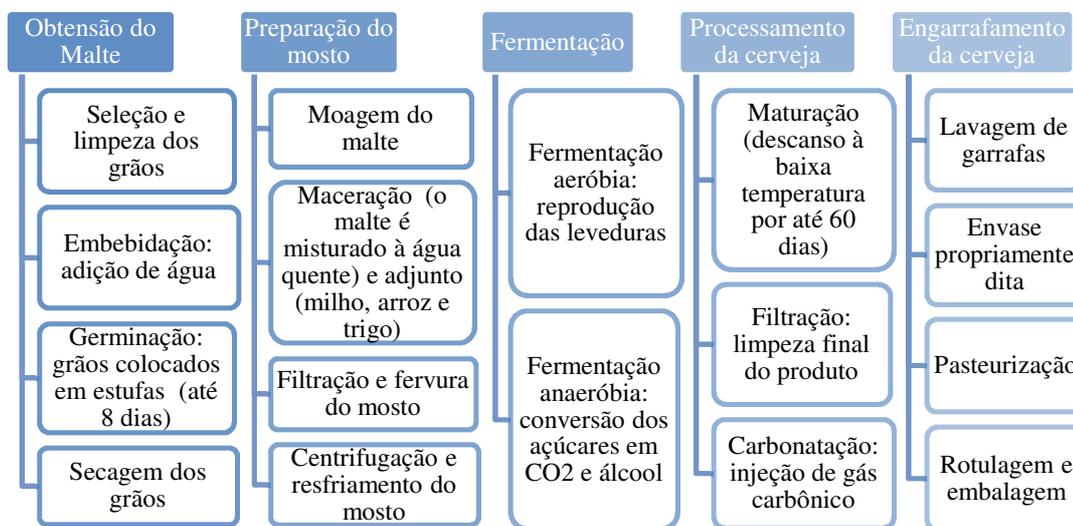
3.1 ASPECTOS GERAIS DO SEGMENTO

Os produtos da indústria de Bebidas podem ser classificados em bebidas alcoólicas (vinho, aguardente e outras bebidas destiladas, cervejas e chopes) e não alcoólicas (águas envasadas, refrigerantes e outras bebidas não alcoólicas).

Em geral, são os segmentos de cervejas e refrigerantes que ditam o desempenho da indústria de bebidas como um todo. Suas estruturas de mercado mostram-se fortemente concentradas e caracterizam-se pela presença de empresas e marcas líderes. A fabricação de cada um desses produtos envolve uma cadeia produtiva específica, com dinâmica própria.

O processo produtivo para a fabricação de cerveja é ilustrado na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Processo produtivo para a fabricação de cerveja



Fonte: Adaptado de (SANTOS, 2005).

A primeira fase do processo produtivo ocorre na chamada sala de fabricação, onde as matérias-primas (malte e adjuntos) são misturadas em água e dissolvidas, visando a obtenção de uma mistura líquida açucarada chamada mosto, que é a base para a futura cerveja.

Conforme aponta Júnior *et al.* (2015) após seu preparo, o mosto recebe a levedura e é colocado em tanques fermentadores. Nesse período, os açúcares do mosto são transformados em álcool e gás carbônico. Uma vez concluída a fermentação, a cerveja passa por um processo de maturação. Nesse período, sutis transformações ocorrem para aprimorar o sabor da cerveja. Ao fim dessa etapa, a cerveja está praticamente concluída, restando apenas um processo de filtração, que visa eliminar partículas em suspensão.

Segundo Santos (2005), o enchimento é a fase final do processo de produção. Pode ser feito em garrafas, latas e barris. Logo após o enchimento, a cerveja é submetida ao processo de pasteurização, principalmente quando são envasadas em garrafas ou latas. A fabricação de embalagens é um elo fundamental da cadeia produtiva de bebidas, pois, além de representar 50% dos custos de produção de cervejas e refrigerantes, é o segmento que apresenta considerável nível de desenvolvimento e inovação (tamanho, formato, material). Essas constantes alterações nos produtos exigem um elevado nível de flexibilidade nas linhas de produção, forçando os

fornecedores de máquinas e equipamentos a desenvolverem produtos que permitam a absorção dessas mudanças.

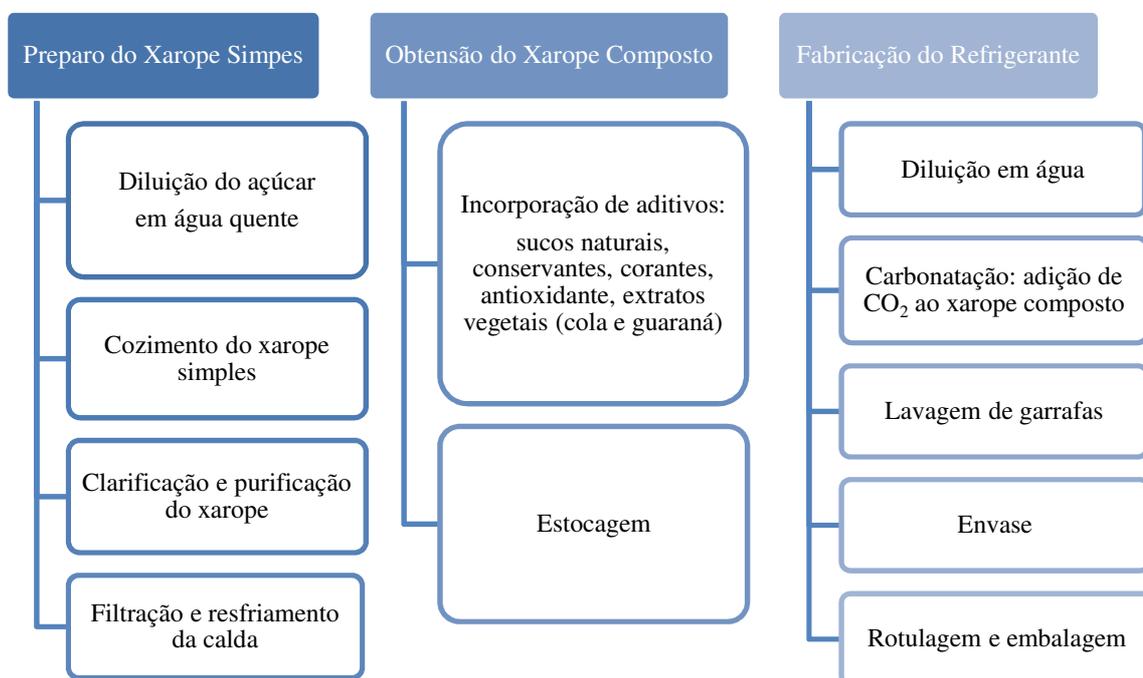
Os principais bens de capital empregados nas cervejarias consistem em silos de armazenagem, moinhos, filtros, tanques, caldeiras, trocadores de calor e esteiras. Esse maquinário é comum a outras indústrias, principalmente as do setor de alimentos. Seu estágio tecnológico é considerado maduro, e as principais fontes de melhoria estão relacionadas a temas como diminuição do consumo de água e de energia e redução das emissões de CO₂ e de resíduos (JÚNIOR *et al.*, 2015).

A produção dos refrigerantes (Figura 3.2) resume-se à mistura de poucos ingredientes, sendo consideravelmente simples se comparada à fabricação das cervejas. De acordo com Santos (2005) o processo inicia na preparação do xarope simples, constituído por uma solução aquosa de açúcar, eventualmente enriquecida com ácidos orgânicos. Os aditivos incorporados ao xarope simples para obtenção do xarope composto é que distinguem os refrigerantes entre si, conferindo as características de cor, sabor, odor e propriedades químicas adequadas à sua conservação.

Para fabricar o refrigerante propriamente dito, o xarope composto é diluído em água tratada, de acordo com os requisitos necessários de qualidade, e acrescido de CO₂ (carbonatação). Diversas pequenas empresas, ou mesmo algumas plantas de empresas maiores, realizam apenas esta parte do processo recebendo o xarope composto já pronto para diluição, com o objetivo de remover impurezas, carbonatação e envase.

O envase é a fase final do processo de produção, sendo composto por diversas operações relacionadas ao enchimento dos vasilhames (cujos mais comuns atualmente são as garrafas, vasilhames de alumínio e barris para chope). Santos (2005) sugere que o envase é a unidade com o maior contingente de funcionários, equipamentos de maior complexidade mecânica e maior índice de manutenção, onde podem ocorrer as maiores perdas por acidentes e má operação, como regulagem inadequada de máquinas, quebra de garrafas.

Figura 3.2 - Processo produtivo para a fabricação do refrigerante



Fonte: Adaptado de (SANTOS, 2005).

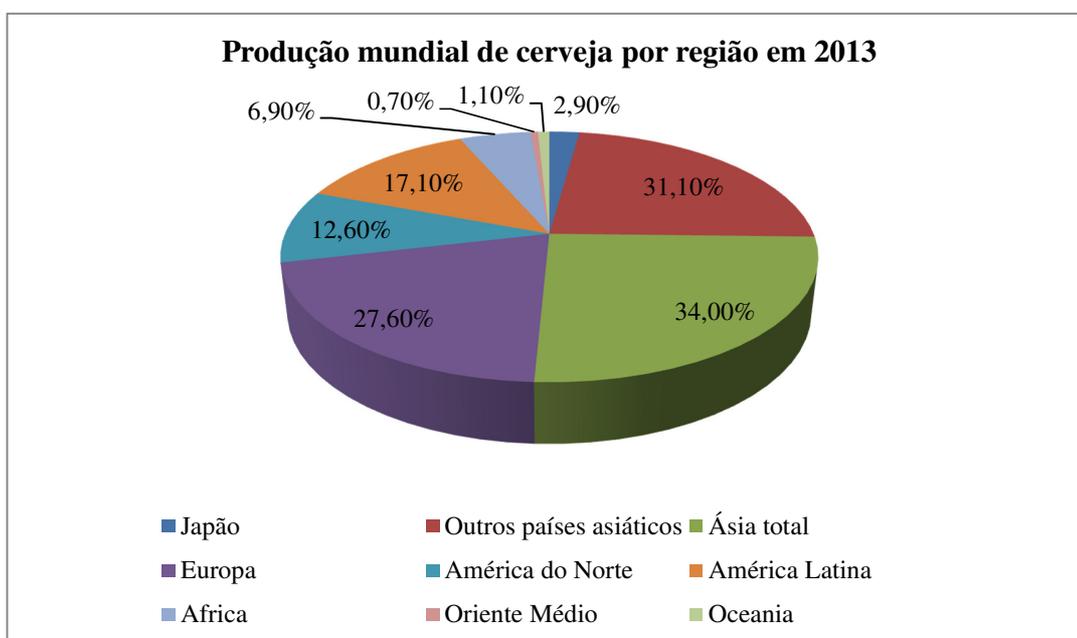
A produção de refrigerantes e cerveja consome grande quantidade de água, cuja vazão consumida e distribuição pelas áreas da fábrica dependem de diversos fatores, entre eles o tipo de vasilhame utilizado e a tecnologia empregada para limpeza. A Bier (2015) aponta que entre 2010 e 2012 o uso da água nos processos de fabricação de bebidas em geral decresceu em média de 2,92 L/L para 2,69 L/L, o equivalente a 8%. No mesmo período o consumo médio de água na indústria de cervejas diminuiu 11%, alcançando 3,8 L/L em 2012, já na indústria de fabricação de bebidas o consumo de água diminuiu 5%, obtendo 2,02 L/L no mesmo ano.

A produção de refrigerante conta com três tipos principais de operações auxiliares: geração de vapor, sistemas de lavagem e tratamento de água. Para Júnior *et al.*(2015) os bens de capitais mais empregados na indústria de fabricação de cerveja consistem em tanques, filtros, equipamentos de geração de frio, carbonizadores (máquinas que injetam o gás carbônico no líquido), esteiras, sopradores de pré-formas de embalagens PET, entre outros. Tais equipamentos são comuns a outras indústrias, sua tecnologia é difundida e podem ser adquiridos internamente.

Segundo dados da Kirin (2015), no cenário internacional, a produção mundial de cerveja atingiu cerca de 192,94 milhões de quilolitros, um aumento aproximado de 1,25 milhões de quilolitros com relação a 2012.

Já a produção de cerveja na Europa, América do Norte e Oriente Médio diminuiu em 2013, enquanto a Ásia obteve um salto de 3,9% com relação a 2012, mantendo-se a maior região produtora de cerveja no mundo. A América latina, onde a produção de cerveja aumenta há 11 consecutivos foi a terceira maior região produtora do mundo em 2013, com um crescimento anual de 0,8% (Figura 3.3).

Figura 3.3 - Produção mundial de cerveja por região em 2013



Fonte: KIRIN, 2014.

Entre os países mais produtores de cerveja, destaca-se a China, responsável por 24,1% da produção mundial, com um aumento de produção aproximado de 4,9% em 2013, manteve-se a maior produtora de cerveja do mundo por 12 anos consecutivos.

Os Estados Unidos segue como segundo produtor mundial com participação de 11,6% da produção global de cerveja, seguido pelo Brasil (7,0%) e Alemanha (4,9). A Tabela 3.1 apresenta os dez maiores países produtores de cervejas em 2013.

Tabela 3.1 - Os dez maiores países produtores de cervejas em 2013

País	Ranking	Volume de Produção (kL)	Participação na produção	Variação % (2012-2013)
China	1º.	46.543.800	24.10%	4.90%
EUA	2º.	22.430.300	11.60%	-2.50%
Brasil	3º.	13.460.000	7.00%	-2.00%
Alemanha	4º.	9.436.500	4.90%	-0.30%
Rússia	5º.	8.912.100	4.60%	-8.50%
México	6º.	8.250.000	4.30%	0.00%
Japão	7º.	5.532.100	2.90%	-1.00%
Reino Unido	8º.	4.195.600	2.20%	-0.20%
Polónia	9º.	3.956.000	2.10%	0.70%
Espanha	10º.	3.270.000	1.70%	-1.00%

Fonte: RISKIN, 2014.

A indústria de refrigerantes é composta por dois sistemas principais de fabricação que, tomados em conjunto, fornecem os refrigerantes para todo o mercado. Esses dois sistemas se dividem em categorias distintas: fabricação de condimento de xarope e concentrado, e fabricação de refrigerantes. A maioria dos refrigerantes engarrafados segue um ciclo de vida e produção similar até a chegada ao consumidor final (NPLAN, 2012).

A indústria internacional de bases de bebidas e refrigerantes é fortemente concentrada em duas grandes companhias que compõem mais de 70% do *market share* – a Coca-Cola e a Pepsi (Figura 3.4). A Coca-Cola é a maior empresa do mundo em fabricação de bebidas, com mais de 500 marcas de refrigerantes e refrescos vendidos em mais de 200 países, empregando aproximadamente 130 mil pessoas ao redor do mundo. A Coca-Cola possui segmentos operacionais na África, Europa, América Latina, América do Norte e Pacífico, por conseguinte, a indústria obteve um faturamento total de \$ 48 bilhões de dólares em 2012 (IBISWORLD, 2013).

Fundada em 1898, a PepsiCo é a segunda maior fabricante de alimentos e bebidas mundial, a empresa emprega mais de 285 mil pessoas em todo o mundo. No total o segmento faturou 65,5 bilhões de dólares em 2012 (IBISWORLD, 2013). A empresa tem as maiores operações localizadas nos Estados Unidos, Rússia, México, Canadá, Reino Unido e Brasil.

Figura 3.4 - Marcas líderes na fabricação de bebidas não alcoólicas

Fonte: NPLAN, 2012.

Os volumes globais de refrigerantes expandiram um pouco mais de 3% em 2014, mantendo-se estáveis ao longo dos anos, já as vendas cresceram mais de 6% alcançando 867,4 bilhões de dólares. Os Estados Unidos continuam sendo o maior mercado do mundo em termos de valor e volume de produção. Mercados em países como a China, Brasil e México se destacam como mercados-chave com crescimento significativo na atualidade (EUROMONITOR, 2014).

O Brasil conquistou em anos recentes a terceira posição na lista dos maiores consumidores mundiais de cervejas e refrigerantes. O consumo brasileiro é inferior apenas ao verificado nos Estados Unidos da América (EUA) e na China (JÚNIOR *et al.*, 2015). Enquanto os Estados Unidos são os maiores consumidores de refrigerantes, a China apresenta o maior consumo de cervejas. A Figura 3.5 apresenta os percentuais de consumo de bebidas nos países mais representativos.

Figura 3.5 – Consumo de bebidas mundial 2011



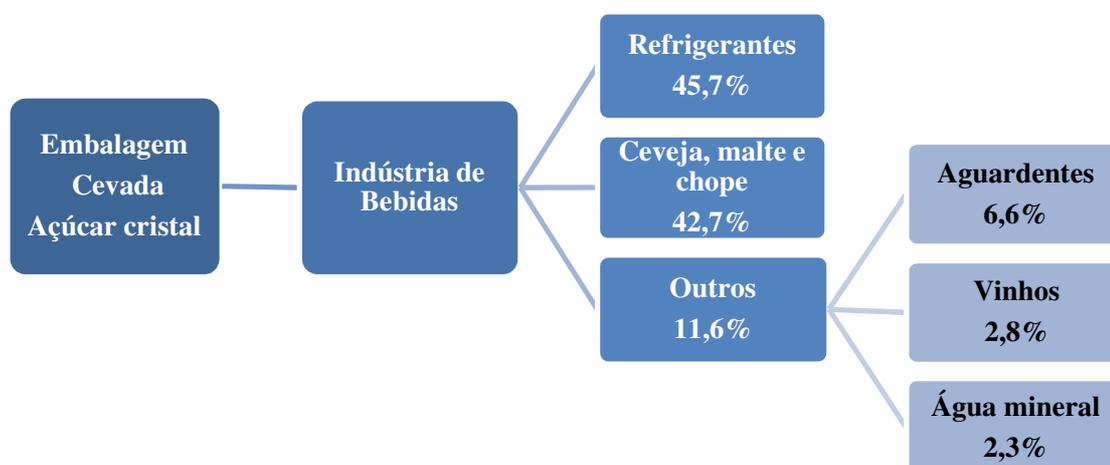
Fonte: JÚNIOR *et. al.*, 2015.

A indústria de Bebidas segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) divide-se na produção e engarrafamento de bebidas não alcoólicas; que inclui a fabricação de refrigerantes, sucos concentrados, xaropes, produção e engarrafamento de bebidas alcoólicas; como cervejas, chopes, maltes, vinhos, aguardentes, etc. e gaseificação e engarrafamento de águas minerais.

A Pesquisa Industrial Anual (PIA) Empresa, realizado pelo IBGE, tem por objetivo identificar as características estruturais básicas do segmento empresarial da atividade industrial no País e suas transformações no tempo, através de levantamentos anuais, tomando como base uma amostra de empresas industriais. O que viabiliza a produção sistemática de informações sobre a estrutura produtiva, a um custo menor e em tempo mais ágil (DOMINGUES, 2008).

Através do levantamento das informações fornecidas pelo PIA Empresa é possível estimar as características econômico-financeiras dos segmentos indústrias. A Figura 3.6 apresenta como está dividido o mercado de bebidas brasileiro e o percentual de participação nas vendas de cada bebida nas respectivas classes.

Figura 3.6 – Composição do mercado brasileiro de bebidas acumulado entre 2005 e 2011



Fonte: Adaptado de (JÚNIOR *et. al*, 2015)

Observa-se que o mercado no setor de bebidas está concentrado na fabricação de refrigerantes (45,7%) e cervejas (42,6%). Os percentuais foram calculados em função do valor das vendas. Os números oferecem, com base em médias, uma ideia da composição da produção da indústria brasileira. Os refrigerantes despontam como o principal produto do setor, seguidos da produção de cervejas – juntos, ultrapassam 75% do valor total da produção de bebidas. Aguardentes e outras bebidas destiladas, vinhos e águas envasadas completam o quadro.

Quanto a sazonalidade, os dados do consumo de cerveja e de refrigerantes são mais elevados no período de verão, nas festas natalinas e no Carnaval. Cerca de 40% das vendas de cerveja são realizadas entre dezembro e fevereiro (ABIR, 2011).

A estrutura de oferta atual da indústria cervejeira brasileira configura-se como altamente concentrada, onde a empresa líder detém cerca de 70% do mercado. O restante do mercado é dividido por um grupo de três grandes cervejarias – que se digladiam por cada décimo de ponto percentual de mercado – e, ainda, por um grupo de pequenas cervejarias regionais e microcervejarias que completam uma reduzida franja de mercado (AFEBRAS, 2015).

De todo o mercado de cervejas brasileiro, 98,6% é dominado apenas por quatro companhias: Ambev (68%), Petrópolis (11,3%), Brasil Kirin (10,7%) e Heineken (8,6%). Da mesma forma, tais companhias, no agregado, foram responsáveis pela absorção de 30.648 trabalhadores em 2013, de acordo com dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) 2014, representando 82,5% do total da mão de obra empregada.

O Sistema de Controle de Produção de Bebidas (SICOBEB) acompanha 99,7% da produção nacional. Trata-se de um sistema de acompanhamento online da vazão da cerveja nas fábricas. A Produção brasileira de cervejas cresce a uma taxa média anual de 5%. O crescimento médio estimado do PIB no período foi 3,6% a.a. nos últimos dez anos. O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo (CERVBRASIL, 2015).

A Figura 3.7 apresenta o volume da produção nacional de cervejas entre 2005 e 2014 com o SICOBEB (2015). Em 2014, foram produzidos 14,1 bilhões de litros de cerveja, representando um aumento 1,43% comparado com o ano de 2013.

Figura 3.7 - Produção Nacional de Cervejas 2005 – 2014

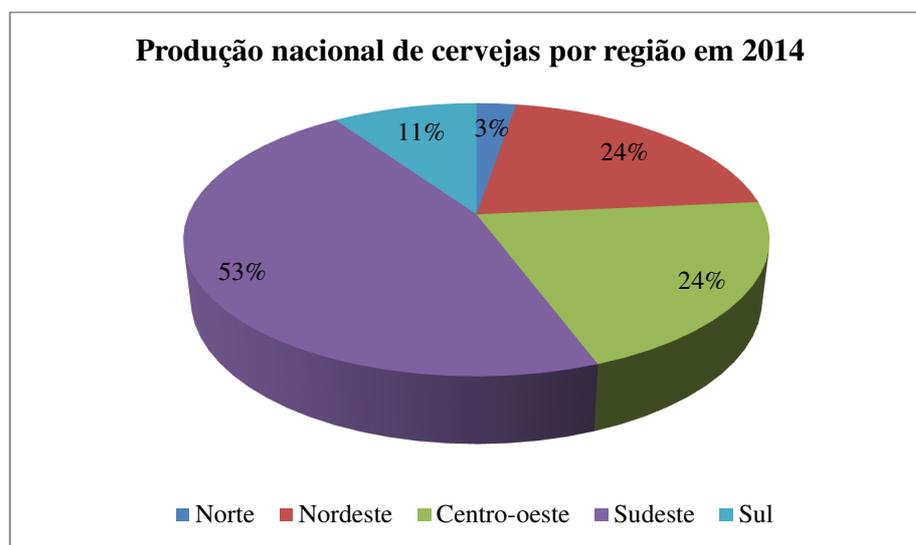


Fonte: CERVBRASIL, 2015.

A produção nacional de cervejas por região geográfica apresentada na Figura 3.8, aponta que a região sudeste abrange mais de 50% da produção de cervejas no Brasil, isso por que concentra boa parte das grandes fabricantes do segmento. Em seguida as regiões centro-oeste e

nordeste participam com aproximadamente 24% da produção nacional. As regiões sul e norte, participam com 11 e 3% respectivamente.

Figura 3.8 - Produção nacional de cervejas por região em 2014



Fonte: SICOBE, 2015.

Segundo a CERVBASIL (2015) o setor de cerveja é um dos que mais empregam no país. Atualmente, cerca de 2,7 milhões de postos de trabalho – entre empregos diretos, indiretos e induzidos - estão ligados a esse mercado. Estima-se que para cada emprego gerado em uma fábrica de cerveja, outros 52 são criados na cadeia produtiva. O número de postos de trabalho no setor de cerveja tem apresentado crescimento muito acima da média da indústria brasileira.

Tabela 3.2 - Participação nacional da indústria de cervejas

Participação nacional da indústria de cervejas	
Parque Industrial	53 Fábricas Associadas
PIB Total	2,0%
Faturamento	R\$ 70 Bilhões
Produção	13,5 Bilhões de Litros
Investimentos de 2010 a 2013	R\$17 Bilhões
Geração de Tributos	R\$ 21 Bilhões
Empregos em 2013	30.648

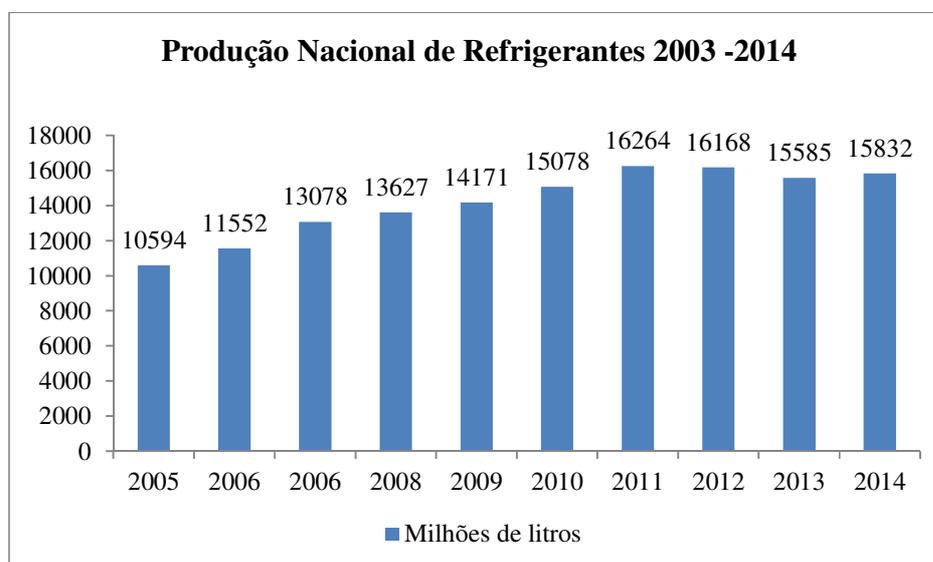
Fonte: CERVBASIL, 2015; RAIS, 2014.

No Brasil, a produção de refrigerantes destaca-se como o principal item do setor de bebidas, aparecendo em seguida a produção de cervejas. O mercado brasileiro de refrigerantes é fortemente concentrado pelo grupo “grandes corporações multinacionais” é formado pelo sistema Coca-Cola Brasil, AmBev e Brasil Kirin, todas com grande capital com participação internacional, que juntas reúnem cerca de 90% do faturamento do setor (AFEBRAS, 2015).

De acordo com Júnior *et. al* (2015) a maior companhia mundial, a Coca-Cola está presente no Brasil desde 1942 e atua no país através do Sistema Coca-Cola Brasil, formado em parceria com grupos empresariais independentes, chamados de fabricantes autorizados. Em regime de franquia, essa estrutura deteve em 2013 aproximadamente 60% de *market share* no mercado brasileiro de refrigerantes.

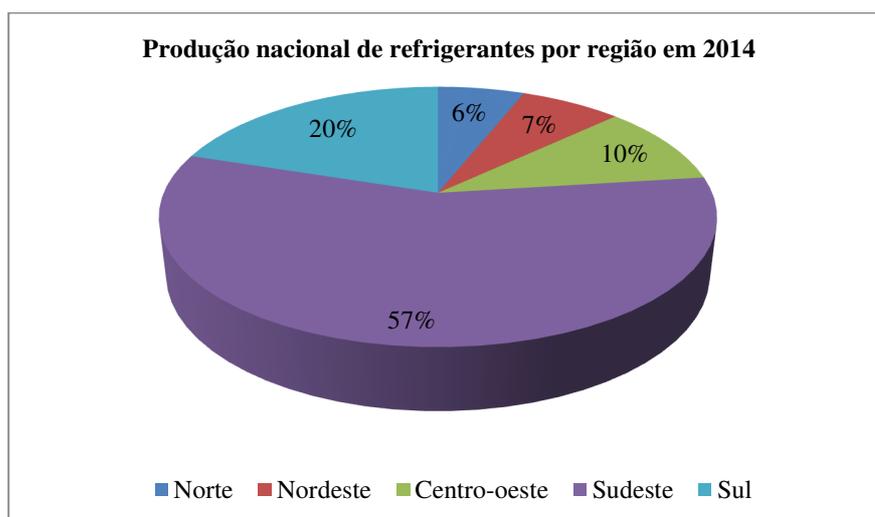
A Ambev S.A., por sua vez, possui instalações próprias para a fabricação de suas marcas e também é responsável pela produção e distribuição dos produtos da PepsiCo no Brasil. A Ambev responde por 18% do *market share* nacional, seguido pela Brasil Kirin com 6%. Da mesma forma, tais companhias juntamente com a Coca-Cola, foram responsáveis pela absorção de 30.648 trabalhadores em 2013, representando mais de 60% do total da mão de obra empregada no segmento (AFEBRAS, 2015).

A Figura 3.9 apresenta o volume da produção nacional de refrigerantes entre 2005 e 2014 de acordo com o SICOBE (2015). Em 2013, o SICOBE controlou a produção de 15,5 bilhões de litros de refrigerantes, volume 3,6% menor que 2012, em que o sistema monitorou a produção de 16,1 bilhões de litros da bebida. Em 2014, foram produzidos 15,8 bilhões de litros, representando um aumento 1,5% comparado com o ano de 2013. O Brasil é o terceiro maior produtor de refrigerantes do mundo.

Figure 3.9 - Produção Nacional de Refrigerantes 2005 – 2014

Fonte: SICOBE, 2015.

A produção nacional de refrigerantes por região geográfica apresentada na Figura 3.10, aponta que a região sudeste concentra 57% da produção de cervejas no Brasil, isso por que concentra grande parte das fábricas do segmento. Em seguida as regiões sul e centro-oeste participam com aproximadamente 20% e 10% da produção nacional, respectivamente. As regiões norte e nordeste, são responsáveis por 6% e 7% da produção cada uma.

Figura 3.10 – Produção nacional de refrigerantes por região em 2014

Fonte: SICOBE, 2015.

No Brasil, são cerca de 3.500 marcas de refrigerantes, produzidas por 835 fabricantes, gerando mais de 70 mil empregos diretos. Os valores de participação nacional da indústria de refrigerantes são apresentados na Tabela 3.3.

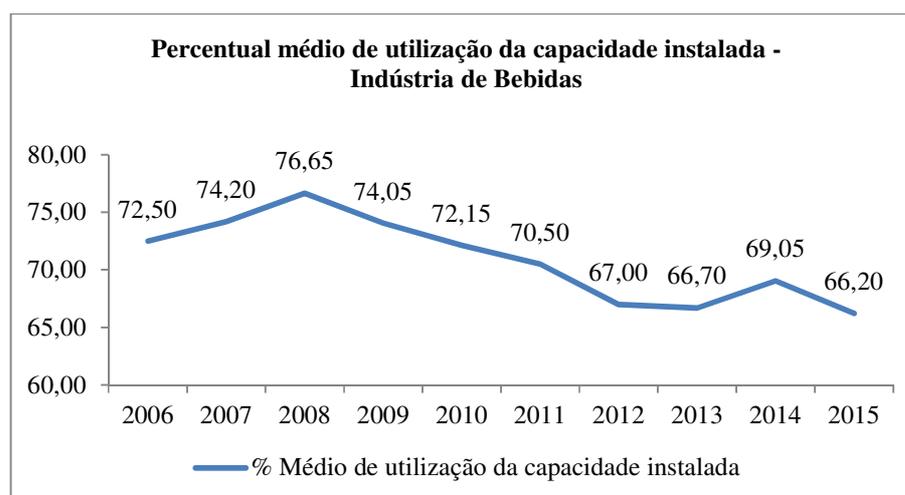
Tabela 3.3- Participação nacional da indústria de refrigerantes

Participação nacional da indústria de refrigerantes	
Parque Industrial	835
PIB Total	3,0%
Faturamento	R\$ 34 Bilhões
Produção	15,8 Bilhões de Litros
Empregos	74.499

Fonte: AFEBRAS, 2015.

O percentual médio de utilização da capacidade instalada das indústrias de Bebidas no Brasil, entre 2006 e julho de 2015, (Figura 3.10) aponta que nos últimos dez anos o percentual permaneceu entre 66,2% e 76,6%, ou seja, um valor regular de utilização da estrutura industrial em funcionamento. Durante esse período, o maior percentual foi em 2008, quando 76,65% das máquinas trabalharam. Desde então, observa-se um decréscimo no percentual de utilização da capacidade, obtendo em 2013, 66,70%, e no primeiro semestre de 2015, 66,20%.

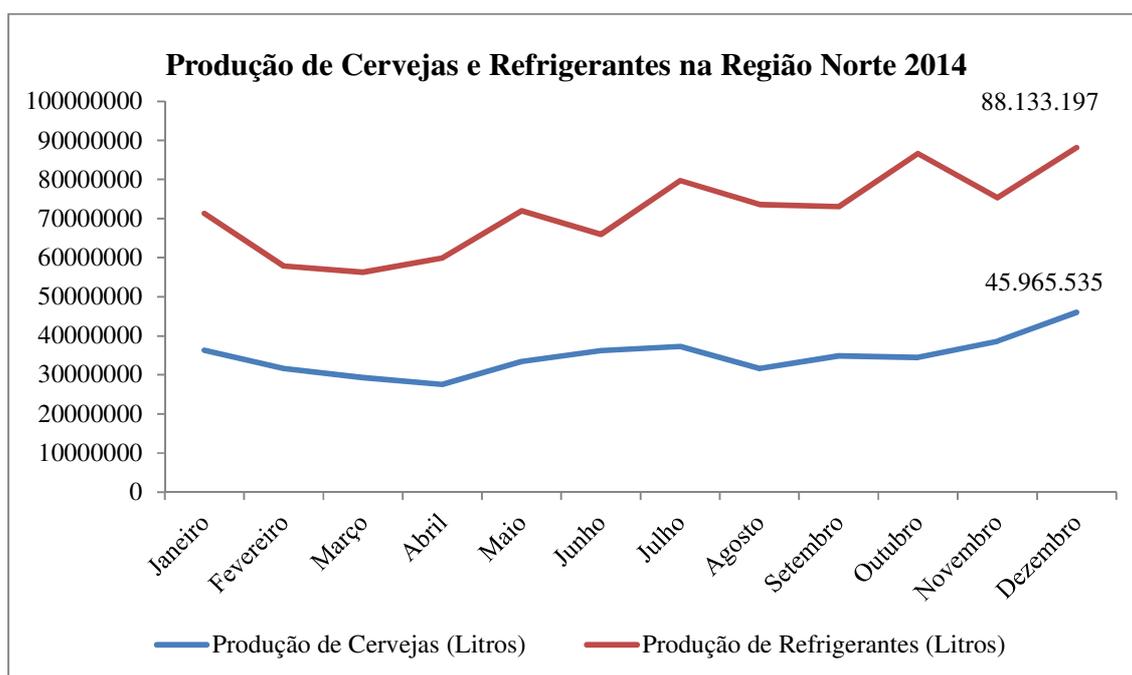
Figura 3.11 - Percentual médio de utilização da capacidade instalada na Indústria de Bebidas



Fonte: CNI, 2015.

No cenário regional destaca-se a indústria de refrigerantes que produziu em 2014 aproximadamente 860 milhões de litros, com alta fabricação nos meses de outubro e dezembro. A indústria de cervejas da região norte fabricou em 2014, 417 milhões de litros, com máxima produção no mês de dezembro (CNI, 2015). A Figura 3.12 apresenta a sazonalidade da produção das bebidas durante o ano de 2014.

Figura 3.12- Produção de Cervejas e Refrigerantes na Região Norte 2014



Fonte: CNI, 2015.

No Amazonas, o subsetor de “Bebidas não alcoólicas e seus concentrados” possui atualmente 29 empresas, com projetos aprovados pela SUFRAMA, atuando no Polo Industrial de Manaus.

Na balança comercial, a indústria de preparação para elaborações de bebidas é a principal representante na exportação e importação de produtos, participando com 35,20% das exportações (DEPI, 2015).

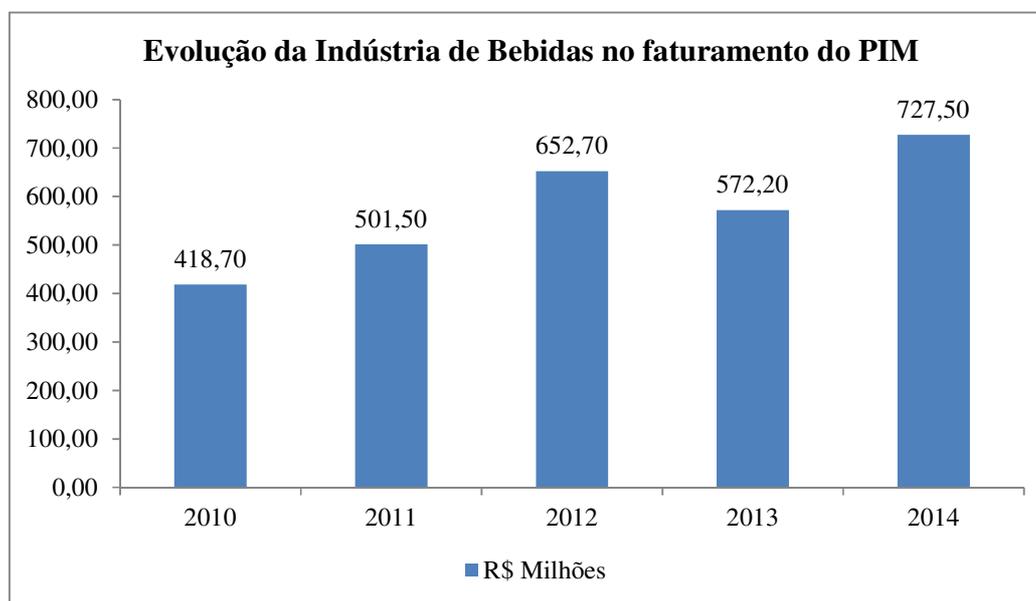
A Tabela 3.4 expõe a representatividade da indústria de bebidas no PIM.

Tabela 3.4 - Representatividade do segmento de Bebidas no Polo Industrial de Manaus

Item	2014	2015 (1º. Sem)
Número de unidades	29	29
Empregos	1.970	1.974
Faturamento	R\$ 727.459.395	R\$ 262.607.402
Participação no faturamento do PIM	0,83%	0,69%
Preparações p/ elaboração de bebidas (concentrados e extratos)	72.114 ton	28.751,65 ton

Fonte: SUFRAMA, 2015.

Segundo os dados da SUFRAMA (2015), com faturamento de R\$ 727,5 milhões em 2014, o setor recuperou as perdas de 2013, quando o desempenho do segmento registrou queda de 12,2% em comparação com o ano anterior, interrompendo uma sequência de quatro anos consecutivos de resultados positivos (Figura 3.13).

Figura 3.13- Evolução da Indústria de Bebidas no faturamento do PIM

Fonte: SUFRAMA, 2015.

3.2 CONSUMO DE ENERGIA DO SEGMENTO DE BEBIDAS

O segmento de alimentos e bebidas é o segundo consumidor de eletricidade na indústria brasileira com 11 % de participação segundo os dados do Balanço Energético Nacional (2015). Ainda de acordo com o BEN, quanto à utilização de insumos energéticos, o percentual de consumo de eletricidade corresponde a 10,1% para o segmento, somente atrás do bagaço de cana de açúcar com 72,6% (EPE, 2015). O bagaço, atualmente, tem diversas aplicações na economia brasileira, inclusive na cogeração de energia elétrica, a fim suprir a energia consumida no processo, podendo haver a venda de excedentes fabricados.

O último relatório de Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso do Segmento de Alimentos e Bebidas desenvolvido pela ELETROBRAS (2007) apresentou os resultados da pesquisa com base em 127 instalações industriais, em cinco regiões do Brasil. O trabalho contou com o apoio de 19 distribuidoras de energia elétrica em 16 estados e buscou expor um panorama do consumo de energia elétrica na classe industrial atendida em alta tensão no país.

Com relação aos sistemas consumidores, o predominante nesse setor é o sistema de ar comprimido, presente em 44% das indústrias, seguido pelo vapor com 26%. Vale ressaltar que das indústrias que utilizam vapor, quase 16% produzem o mesmo através da eletricidade. Em 48% das indústrias não é utilizada nenhuma outra utilidade além da eletricidade (ELETROBRAS, 2007).

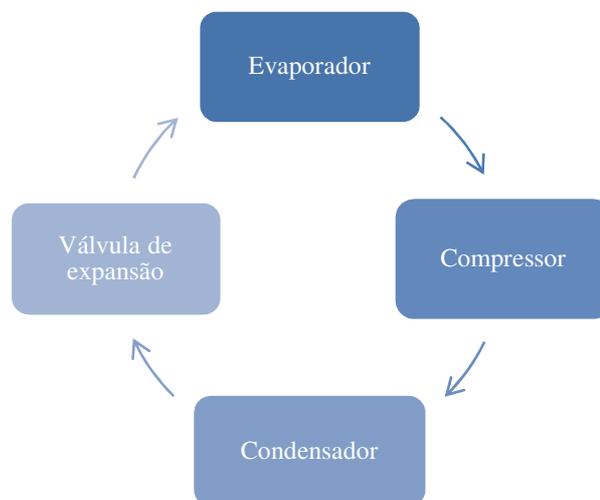
Em termos de fator de potência, 67% das indústrias pesquisadas informaram o fator de potência médio de suas instalações. Das que informaram, 34% possuem fator de potência abaixo de 0,92; cerca de 6% das que informaram afirmaram que o fator de potência está abaixo de 0,8. No que diz respeito a correntes harmônicas, 17% das indústrias informaram que, em maior ou menor intensidade, são produzidas correntes harmônicas em suas instalações. O fator de carga médio da instalação foi informado por 74% das unidades pesquisadas. Para o conjunto de indústrias que informaram o valor médio foi de 49% (ELETROBRAS, 2007).

Bajay (2010) afirma que as principais operações consumidoras de energia elétrica na indústria de alimentos e bebidas são a refrigeração, resfriamento e congelamento, na maior parte dos casos por compressão mecânica de vapor; extrusão, pressurização mecânica do produto através dos bocais; moagem, trituração ou pulverização, e bombeamento de fluidos.

De fato, a indústria de alimentos e bebidas é uma das maiores usuárias de tecnologias de refrigeração. Grande parte das empresas do segmento acredita que os custos com refrigeração compõem uma parte significativa da fatura energética. Uma pesquisa realizada em 2.000 empresas do segmento apontou que a refrigeração responde por 50% do consumo de eletricidade das instalações. A refrigeração é essencial na produção de muitos alimentos perecíveis, uma vez que ajuda a evitar a deterioração dos alimentos ao reduzir o crescimento microbiano, ajuda a manter o teor nutricional, sabor e textura dos alimentos (CARBON TRUST, 2012).

Um ciclo de refrigeração (Figura 3.14), isto é, ciclo termodinâmico de fluidos refrigerantes em equipamentos frigoríficos por compressão de vapor, inicia no evaporador, onde o fluido refrigerante, inicialmente líquido saturado na entrada, retira calor do produto ou ambiente e evapora. Conforme o líquido vai evaporando, a pressão na saída do evaporador tende a aumentar e para o efeito de resfriamento não parar, existe o compressor succionando parte do vapor (SANTOS, 2005).

Através do compressor que se fornece energia para que o ciclo de refrigeração seja completado. O papel do compressor é elevar a pressão e temperatura do vapor. O funcionamento de um compressor parafuso está dividido em sucção, compressão e descarga. Para tornar o processo cíclico é necessário que o vapor se torne líquido novamente, sendo o condensador o equipamento responsável por resfriar e condensar o fluido, usando normalmente água. O condensador recebe o fluido do compressor por diferença de pressão. O ciclo é concluído com uma válvula de expansão ou outro equipamento regulador para injetar o fluido no evaporador (SANTOS, 2005).

Figura 3.14 - Ciclo de refrigeração

Fonte: SANTOS, 2005.

O ar comprimido é usado como fonte de alimentação para muitas operações no segmento de alimentos e bebidas, uma vez que é uma maneira versátil, segura e flexível para transmitir energia. No entanto, muitas vezes é um equipamento mal utilizado. O ar comprimido é comum nos processos que exigem transportadores e misturadores. As aplicações incluem os processos de sopro para moldagem de garrafas plásticas na indústria de refrigerantes (CARBON TRUST, 2012).

O consumo específico de eletricidade no segmento fornecido pela Confederação Nacional da Indústria (BAJAY, 2010) foi de aproximadamente 379,3 MJ/ton em 2004. Este inclui as indústrias de fabricação de cerveja, cachaça, refrigerantes, sucos, etc. Este foi o único dado oficial encontrado na literatura.

Dados fornecidos por uma das principais indústrias do segmento de cervejas aponta que o consumo específico de eletricidade em 2014 foi de aproximadamente 0,118 GJ/hl (KIRIN, 2015), este valor também foi apontado na pesquisa de Santos, 2005. Silva e Rossi (2012) estimaram para uma indústria de Alimentos e Bebidas de Grande porte o consumo de 122 kWh/ton.

BIER (2015) estima que entre 2010 e 2012 o uso de energéticos nos processos de fabricação de bebidas em geral decresceu de 0,81 para 0,73 MJ/L, o equivalente a 10%. No

mesmo período o consumo médio de energéticos na indústria de cervejas diminuiu 10%, alcançando 1,12 MJ/L em 2012, já na indústria de fabricação de bebidas o consumo diminuiu 12%, obtendo a média de 0,37 MJ/L no mesmo ano.

3.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SEGMENTO DE BEBIDAS

Domingues (2008) sugere que o padrão de inovação tecnológica do setor de alimentos e bebidas mundial, apesar de pouco intensivo em pesquisa e desenvolvimento, é marcado por muitas inovações em produto e em processo. De um modo geral, a indústria de alimentos e bebidas no Brasil, influenciada pelas condições estruturais e institucionais da economia nacional, adotou uma trajetória diferenciada da indústria de alimentos no exterior. Sua interação com o sistema nacional de inovação apresenta comportamento imitativo, em uma visão de curto prazo, voltada para resultados econômicos rápidos.

Para que uma empresa utilize a energia de forma eficiente, seus processos precisam ser monitorados e gerenciados de forma eficaz. Para isso, é essencial ter uma política de gestão da energia que inclua melhorias na rotina de manutenção e desenvolvimento tecnológico nos equipamentos e processos. É importante que todos os funcionários estejam cientes dos benefícios que a eficiência energética pode trazer para a instalação. Os projetos de eficiência energética podem resultar em economia e benefícios diretos para o consumidor, com ações de combate ao desperdício de energia elétrica, modernização de instalações e processos (CAPELLI, 2013).

Considerando que os principais usos de eletricidade na indústria de fabricação de bebidas são as instalações de refrigeração, plantas de ar comprimido, plantas de recuperação de CO₂ e envase, algumas medidas podem ser propostas para contribuir com o aumento da eficiência nos equipamentos utilizados e dos indicadores energéticos conforme a Tabela 3.5 abaixo.

Tabela 3.5 - Oportunidades para eficiência energética no segmento de bebidas

Oportunidades para eficiência energética	Benefícios
Monitoramento da temperatura das câmaras frias	O controle da temperatura e umidade auxilia na leitura, controle e detecção de possíveis alterações nos parâmetros das grandezas.
Plano de cargas nos sistemas e equipamentos	Auxilia na utilização adequada dos sistemas, evitando o carregamento parcial ou excessivo da área arrefecida.
Operação dos Chillers em plena carga	Chillers convencionais apresentam uma diminuição na eficiência quando operados com cargas reduzidas. O correto dimensionamento evita desperdícios de energia.
Programas de manutenção preventiva	Adoção de programas incluem lubrificação e verificação de vazamentos nos compressores de ar e manutenção nos níveis de refrigerante de chillers.
Verificação das possíveis saídas de ar nas portas e janelas nas câmaras frias.	O correto isolamento aumenta a eficiência do equipamento, uma vez que minimiza a quantidade de escape de ar frio.
Não arrefeça excessivamente	Fabricantes de bebidas costumam armazenar os produtos em temperaturas mais baixas que o recomendado, isso pode aumentar a probabilidade de falha nos equipamentos. É necessário garantir que o ajuste de temperatura satisfaça os requisitos de armazenamento dos produtos.
Adicione Acionadores de Velocidade Variável (AVAs) nos motores	Contribui para o atendimento das cargas solicitadas com menos energia e desgaste. Melhora controle do processo, diminuição de ruído e redução da manutenção. Economia de energia entre 15% e 50%.
Modulação mestre-escavo nos compressores de amônia	Todos os compressores irão operar em função de um único controle e o compressor definido como mestre é quem controlará todos eles, mandando o sinal para entrada, saída e modulação dos demais.
Desligue o compressor quando não está em uso	Um compressor em marcha lenta pode usar até 40% de sua carga total. Certifique-se da manutenção regular. A manutenção deve incluir lubrificação, mudanças de óleo e substituição do filtro.
Verificação do dimensionamento de motores	Em muitos casos, os motores estão sobredimensionados em 20% a mais do que necessário. Dimensionar as especificações de placa com a potência real necessária para a realização do serviço, pode resultar em economia de energia entre 5 e 10%.
Desligue os motores quando não estão em uso	Considere a instalação de sensores automáticos de parada e partida de motores.

Inspecionamento e manutenção de caldeiras	Uma caldeira industrial mal conservada pode consumir 10% a mais de energia do que o ideal. Os sinais de ineficiência das caldeiras são as quedas de pressão, aumento nos níveis de ruído de advertência.
Investigue o potencial de recuperação de calor residual da caldeira	O calor pode ser utilizado para pré-aquecer o ar de combustão para a água de alimentação, reduzindo a quantidade total de energia necessária para o processo. Essas medidas podem conservar a energia do sistema em até 5%.
Instalação de inversores de frequência em compressores	Compressores com inversores de frequência que operam a carga plena consomem de 3% a 5% a mais da potência nominal.
Instalação de purgadores automáticos de gases incondensáveis	Utilizado em sistemas condensadores com amônia, auxilia na condensação do fluido refrigerante e contribui removendo-o do ar.
Utilização de capacitores para aumentar o fator de potência	Redução nas perdas de energia e aquecimento de condutores, aumento da vida útil de equipamentos.
Monitorar e compreender o consumo de energia	A avaliação das contas de energia e dos indicadores de eficiência e qualidade da energia pode construir uma imagem do desempenho energético mensal.
Realização do diagnóstico energético da unidade	Define um plano estratégico com as alterações necessárias para um consumo energético mais eficiente sem afetar os níveis de produção.

Fonte: Mendes, 2014; AIGROUP, 2012; CARBON TRUS, 2012.

Na eficiência dos sistemas de refrigeração por compressão a vapor, a temperatura é talvez a maior condicionante de todo o processo, pois desempenha um papel fundamental. A temperatura de condensação deve ser sempre mantida a mais baixa possível e a temperatura de evaporação deve ser mantida a mais alta possível, dependendo do tipo de aplicação, de modo a obter-se o máximo de eficiência, o que nem sempre é fácil dado as condições de funcionamento destes equipamentos. As perdas devido ao mau dimensionamento e falta de manutenção têm também um peso elevado. De uma forma geral não há uma cultura de manutenção preventiva, o que deveria ser fomentada para se obter maior eficiência (LEMOS, 2011).

Segundo a Carbon Trust (2012) o estabelecimento de um programa de controle regular no sistema de refrigeração pode garantir que os equipamentos permaneçam em boas condições. O controle de incluir a verificação de vazamentos visando identificar se há fuga de fluido

refrigerante no sistema. A ocorrência de vazamentos fará com que o sistema opere com menos eficiência, reduzindo o nível de arrefecimento. As áreas mais comuns de vazamentos são as juntas, vedações e outras válvulas mecânicas.

É importante destacar que muitos fluidos refrigerantes contêm poderosos gases de efeito estufa. Uma pequena falha de vazamentos pode contribuir com a emissão desses gases, dessa forma a gestão desse sistema pode trazer além da eficiência energética, benefícios ambientais.

De acordo com Mendes e Sobrinho (2012) normalmente, as instalações industriais de grande porte possuem vários compressores, visando melhorar a modulação, sendo que o controle ideal seria em grupo (mestre-escravo), como se todos os compressores fossem um único equipamento. Assim, se buscaria a melhor faixa de eficiência de cada equipamento, priorizando a redução de capacidade através dos inversores de frequência e depois, se necessário, da *slide valve*, nos casos de compressores parafuso. Como consequência, o consumo de energia elétrica seria menor.

Quanto ao processo de envase das garrafas de refrigerantes, em regra, as máquinas enchedoras são dotadas de uma bomba que retira o ar antes da entrada da bebida. Nestas bombas, o vácuo é obtido por colunas barométricas, equipamento que utiliza jatos de água para produzir pressão negativa numa tubulação. Neste tipo de sistema, em geral, perde-se água, uma vez que parte da água sai junto com o ar que é expelido das garrafas. Para evitar esta perda, estimada em cerca de 50% da vazão de água, deve-se instalar um tanque de recirculação, que retorna a água extraída do equipamento para o topo do mesmo.

Outra medida que tem sido adotada cada vez mais pelas indústrias cervejeiras, e que tem trazido importantes resultados em termos de eficiência energética, é a adoção de sistemas de cogeração. Basicamente a cogeração significa gerar vapor de processo e eletricidade com apenas uma fonte de energia.

3.4 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL PARTICIPANTE DO ESTUDO

A planta está localizada no Polo Industrial de Manaus (PIM), Brasil. A empresa foi construída em 1989 e está em operação há 25 anos e possui um total de 31.335,50 m² de área construída. O porte da empresa é classificado como Grande, com receita operacional bruta anual

maior que R\$ 300 milhões. Possui um total de 220 funcionários e mais 174 trabalhadores de empresas terceirizadas. A unidade trabalha 95 horas semanais.

O local é dividido em duas áreas: Área 1: Industrial e de Área 2: Escritórios administrativos. A unidade é composta de quatro edifícios: um para a administração, recursos humanos, produção, laboratórios e frigoríficos e um armazém. A função principal da planta é produzir o concentrado a ser utilizado para produzir diferentes bebidas da grande corporação multinacional do ramo.

Os produtos fabricados pela planta incluem mais de 197 fórmulas destinadas ao mercado brasileiro e exterior. Em 2011, a empresa se tornou a maior exportadora do Estado com uma geração de 120 milhões de dólares em exportações. A empresa é a 3ª maior fabricante em volume de produção da rede de multinacionais do ramo e foi a primeira do segmento industrial no Brasil a obter a certificação de sustentabilidade em Liderança em Energia e Design Ambiental para edifícios já existentes, com foco na eficiência operacional e manutenção, além de possuir pela Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) *International organization for standardization* (ISO) 9.001, ISO 14.001 e ISO 18.001. Os principais produtos fabricados, com a quantidade e capacidade mensal de produção estão expostos na Tabela 3.6 abaixo.

Tabela 3.6 - Principais produtos fabricados pela indústria de bebidas participante do estudo 2014

Descrição	Concentrado de bebidas
Quantidade mensal produzida	3.360 ton
Capacidade nominal de prod. mensal	5.000 ton

Fonte: Resultado da pesquisa

A descrição das matérias-primas (extratos e concentrados) utilizadas nos processos produtivos para a obtenção das bases de bebidas não foi divulgada, com a finalidade de se guardar a fórmula sob segredo industrial.

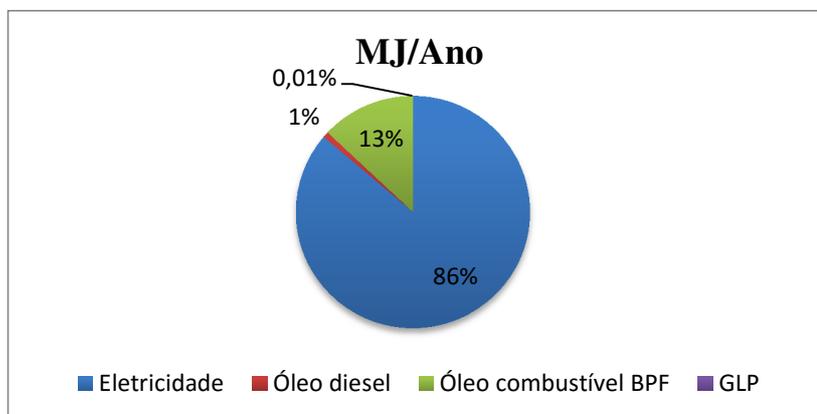
O edifício possui várias linhas de produção para a elaboração dos diferentes produtos. As linhas de produção exigem ar, câmaras frigoríficas, água, chillers e energia. O vapor é usado somente para a higienização de tanques de aço inoxidável. A produção de concentrado é

constituída por um lote úmido de mistura e produção de enchimento. A empresa possui cinco salas de mistura. Em uma área separada, combinam-se grânulos e pó para produzir produtos "secos" que são vendidos aos engarrafadores. Esta é uma sala de corte parcial. O equipamento é bem fechado e a extração do pó é fornecida.

Todas as águas residuais são tratadas na planta e a água limpa final obtida é usada na unidade para fins de irrigação. Os resíduos sólidos são compactados e controlados antes de serem enviados para a Prefeitura Local. O consumo de água doce é de 0,2 m³ /min, em média, durante os dias de produção.

Os insumos de energia utilizados são a eletricidade, óleo combustível com Baixo Ponto de Fluidez (BPF), Gás Liquefeito de Petróleo GLP e óleo diesel. De acordo com os dados fornecidos pela empresa, a energia elétrica representa 86% do consumo. A Figura 3.15 abaixo apresenta os diferentes percentuais de consumo para cada tipo de energia ou fluido utilizado no processo de produção e administração da empresa em 2013.

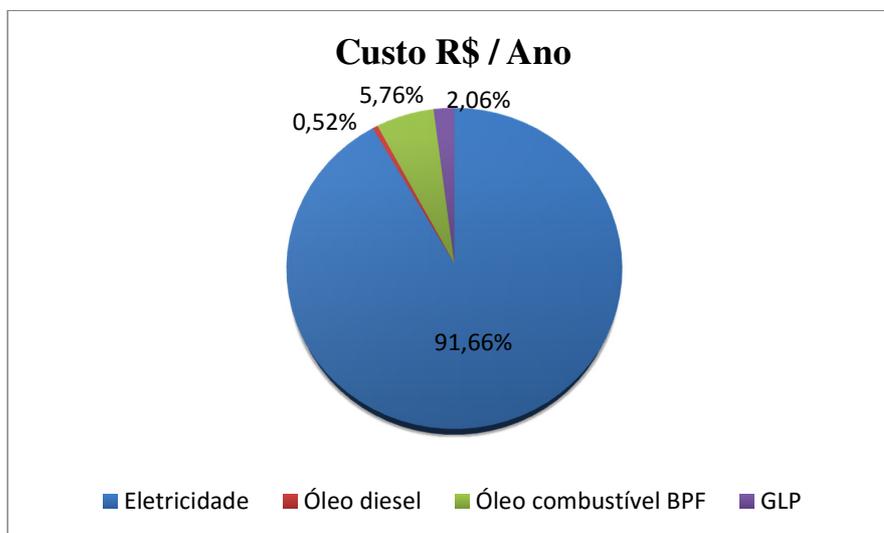
Figura 3.15 - Matriz de suprimento energético da empresa participante do estudo



Fonte: Resultado da pesquisa

O custo com energéticos obtido para o ano de 2013 está ilustrado na Figura 3.15 abaixo, conclui-se que a eletricidade possui o maior percentual na conta de energia com energéticos na empresa (Figura 3.16).

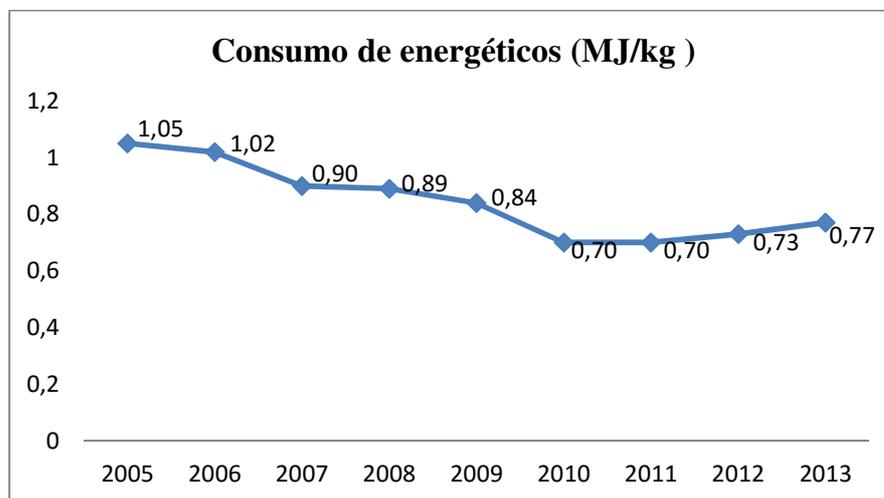
Figura 3.16 - Custo R\$/Ano de energéticos em 2013



Fonte: Resultado da pesquisa

A média de consumo de energéticos em 2013 foi de 0,77 MJ/Kg, acima da meta estimada para empresa de 0,70 para o mesmo ano (Figura 3.17).

Figura 3.17 - Consumo de energéticos MJ/Kg



Fonte: Resultado da pesquisa

4. SEGMENTO INDUSTRIAL ELETROELETRÔNICO

4.1 ASPECTOS GERAIS DO SEGMENTO

Segundo Cardoso (2015) durante a década de 1940, com os países centrais focados na Segunda Guerra Mundial, o volume de produtos eletroeletrônicos importados caiu consideravelmente e abriu uma brecha para o segmento brasileiro atender o mercado interno. Além desse movimento involuntário, que beneficiou as empresas locais, o próprio governo brasileiro estimulou a substituição de importações, através de uma política de restrição de produtos importados.

Entretanto, conforme a DIEESE (2012) até a primeira metade da década de 70, o Brasil não dispunha, em rigor, do conjunto de indústrias que viria, mais tarde, a ser conhecido como “complexo eletrônico”. As empresas existentes eram predominantemente multinacionais, produtoras de bens de consumo em que o processo de produção se reduzia a montagem de componentes importados. Porém, foi a partir do Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento II (PND), possibilitou o aparecimento de empresas nos segmentos de informática, componentes eletrônicos e equipamentos de telecomunicações. A abertura comercial e a globalização podem ser indicadas como motivadores da característica recente do setor eletroeletrônico brasileiro.

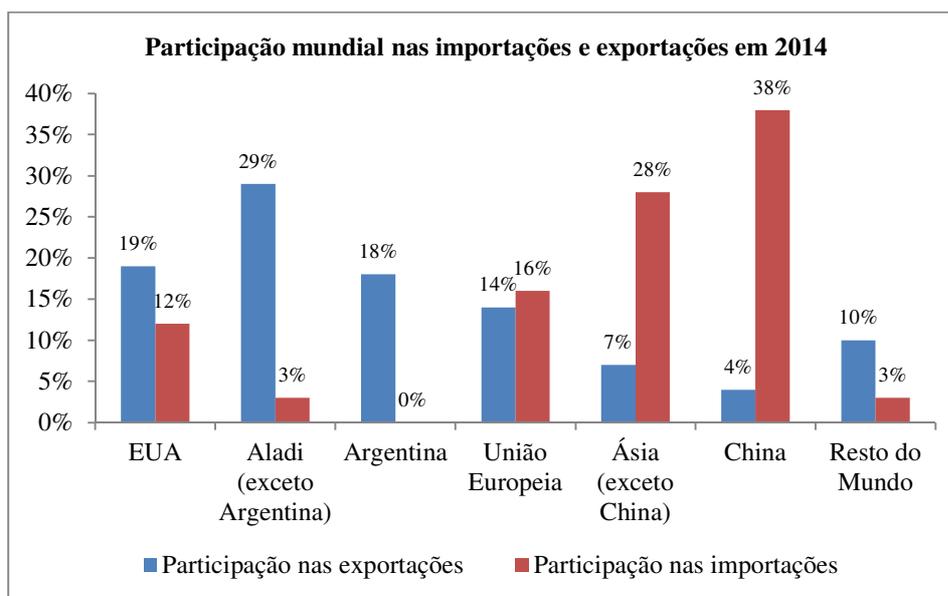
De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) (2012) o setor eletroeletrônico tem importância fundamental em praticamente todos os setores industriais. Cresce a cada ano o percentual eletrônico presente nos produtos finais e em toda a cadeia produtiva, inclusive no setor de bens de capital. Dentro desse contexto, o setor de componentes elétricos e eletrônicos é o coração do sistema. É o avanço tecnológico desses componentes que assegura a inovação e a competitividade para máquinas, equipamentos e sistemas e também para os produtos finais – computadores, celulares, *tablets*, eletrodomésticos, equipamentos de áudio, motores, transformadores, entre tantos outros.

O setor de Eletroeletrônico brasileiro tem atuação transversal. Está presente do começo ao fim do processo produtivo – da indústria de base ao consumidor final. Produz equipamentos e serviços para a infraestrutura, voltados especialmente às áreas de energia elétrica (produção,

transmissão e distribuição), telecomunicações (que interligam o país), equipamentos e automação industrial (que beneficiam praticamente todos os setores industriais) (ABINEE, 2012).

Na evolução da participação nas exportações de produtos eletroeletrônicos por blocos econômicos, pode-se observar que os Estados Unidos e a Argentina são os principais países exportadores, com participação de 19% e 18%, respectivamente. Por sua vez, os países da Associação Latino-Americana de Integração (ALADI), sem a Argentina, também possuem grande contribuição nas exportações. O destino principal das exportações é a China, com 38%, e a Ásia, com 38% e 28% das importações. A característica do segmento na América Latina ser dependente da importação de componentes indica, pelo menos na parte eletrônica do segmento, que as empresas aqui instaladas operam como montadoras.

Figura 4.1 – Participação mundial nas exportações e importações de produtos eletroeletrônicos em 2014

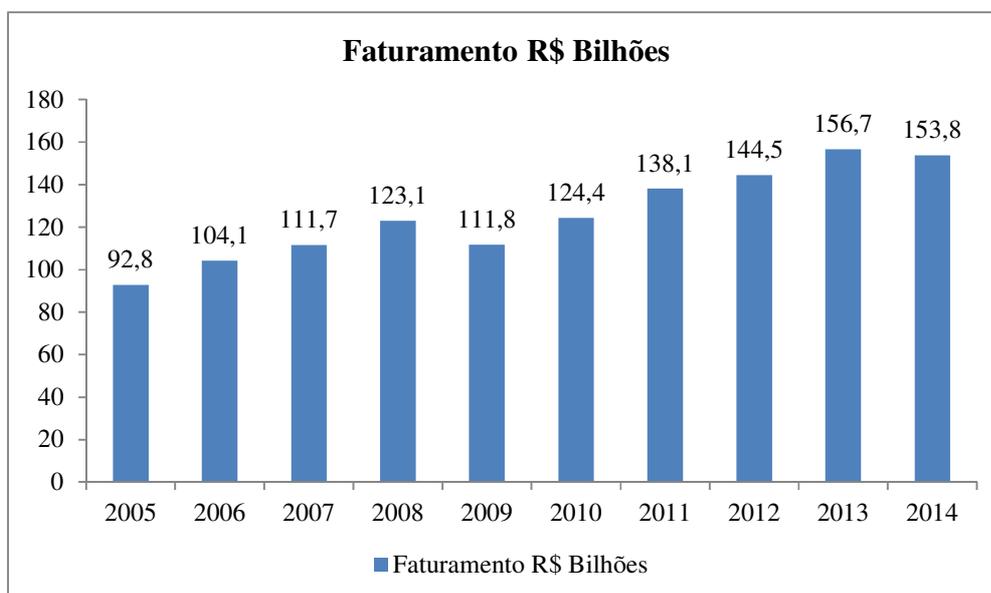


Fonte: ABINEE, 2015

Segundo a Abinee (2012) as indústrias de Eletroeletrônico no Brasil reúnem cerca de 4.000 empresas – 80% das quais são de pequeno porte e tem menos de 100 colaboradores cada uma. Também fazem parte do setor empresas de porte médio e grandes empresas cuja escala de atuação é internacional. Estão presentes no país os principais *players* mundiais do segmento. As capitais São Paulo e Manaus são os dois principais polos do setor eletroeletrônico no País.

A partir dos dados da Abinee (2015), o primeiro indicador a ser verificado é a evolução do faturamento. Motivado pelo crescimento econômico brasileiro, verificado no período em destaque, o segmento eletroeletrônico apresentou resultados positivos no decorrer dos anos. De fato, com exceção dos anos de 2002 (transição de governo e crise energética) e 2009 (crise econômica mundial) (CARDOSO, 2015), os dados da Figura 4.2 demonstram o crescimento nos demais anos listados.

Figura 4.2 - Evolução do faturamento das indústrias do segmento eletroeletrônico no Brasil



Fonte: ABINEE, 2015

Constata-se que, entre 2002 e 2014, o segmento eletroeletrônico brasileiro acumulou crescimento de aproximadamente 40% e crescimento médio anual aproximado de 8%. O faturamento da Indústria Eletroeletrônica recuou 1,9% no ano de 2014, na comparação com 2013, atingindo o montante de R\$ 153,8 bilhões. .

Segundo Cardoso (2015) a evolução do número de trabalhadores do setor eletroeletrônico passou por profundas mudanças nos últimos 15 anos. Com exceção do ano de 2000, que apresentou um crescimento no número de empregos, a regra geral foi a queda do número de postos de trabalho de 1996 a 2002, quando 44% dos postos de trabalho do setor foram eliminados. A partir de 2003 o setor voltou a se recuperar o nível de emprego. Em 2006, foi observada nova queda, assim como em 2009, resultante da crise internacional. Desde então,

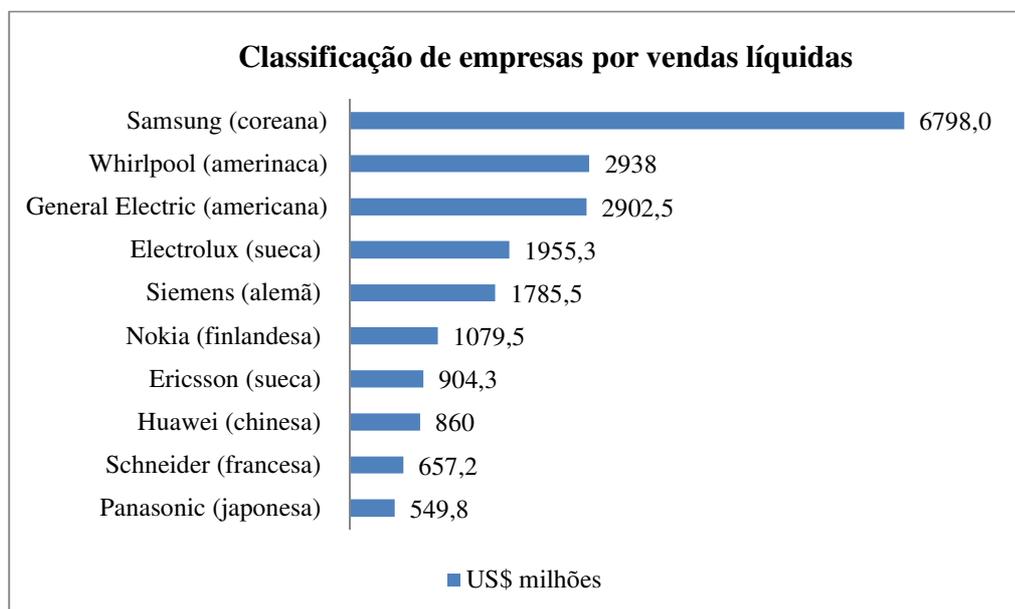
verifica-se um crescimento anual e em 2013 a indústria eletroeletrônica fechou o ano com mais de 430 mil postos de trabalho mantendo a faixa em 2014.

As multinacionais predominam no segmento, o que pode ser confirmado pelo grande número de marcas estrangeiras nas prateleiras das lojas de varejo, canal de vendas dos produtos. A Samsung, Whirlpool, Electrolux e Siemens são algumas das principais existentes no país.

De acordo com Cardoso (2015) a Samsung, presente no Brasil desde 1986, com plantas em Manaus e Campinas, é uma das principais fabricantes de aparelhos eletroeletrônicos do país e uma das líderes do mercado nacional de televisores de cristal líquido (LCD).

Em segundo lugar nas vendas, a Whirlpool é uma das maiores fabricantes de eletrodomésticos de linha branca do mundo, com vendas anuais de US\$ 19 bilhões. A empresa conta com três unidades fabris (Joinville, Manaus e Rio Claro). A Figura 3.3 apresenta a classificação de empresas por vendas líquidas 2013 no Brasil.

Figura 4.3 - Classificação de empresas por vendas líquidas no Brasil em 2013



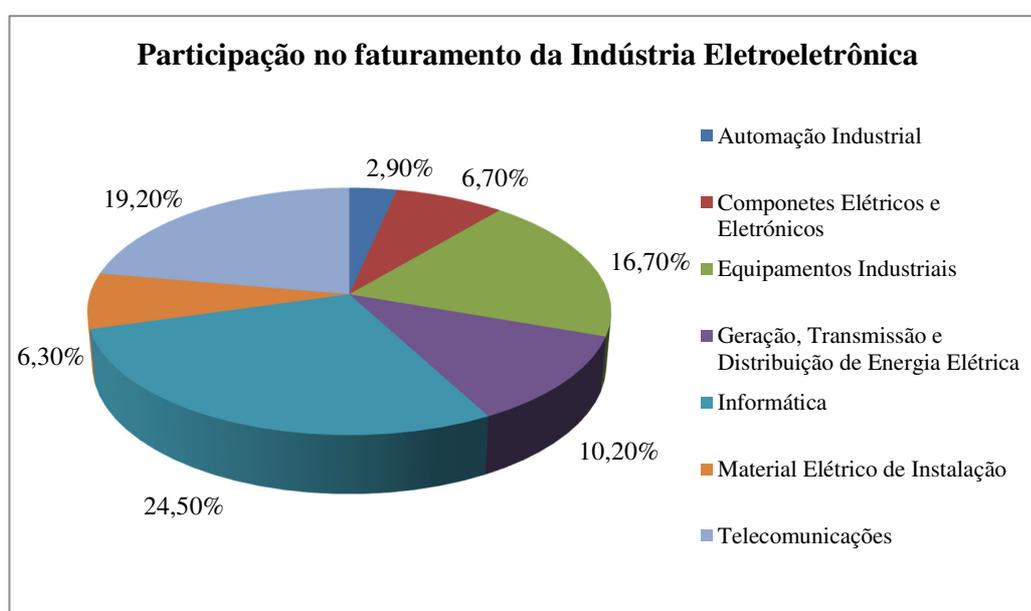
Fonte: CARDOSO, 2015

A Figura 4.4 apresenta a participação no faturamento da Indústria Eletroeletrônica nacional, por área, em 2014. Pode-se destacar que a Indústria de Informática responde por 24%

do faturamento total, em seguida aparece o segmento de Equipamentos Industriais com 16,7% da participação. Os menores percentuais de faturamento apareceram nas indústrias de Componentes Elétricos e Eletrônicos e Automação Industrial com, 6,7% e 2,9% de participação, respectivamente.

No caso de Componentes Elétricos e Eletrônicos, a queda ocorreu em função da retração de importantes mercados, como o automotivo e o de bens de consumo elétricos e eletrônicos. Por outro lado, os faturamentos das áreas de Telecomunicações, Equipamentos Industriais e Automação Industrial apontaram incrementos.

Figura 4.4 - Participação no faturamento da Indústria Eletroeletrônica por área em 2014



Fonte: ABINEE, 2015

Segundo a Abinee (2015) nas Telecomunicações, as vendas de telefones celulares garantiram o crescimento da área. O mercado desses bens aumentou 7%, passando de 65,6 mil aparelhos em 2013 para 70,3 mil unidades em 2014. No mesmo período, as vendas de *smartphones* passaram de 35,2 mil unidades para 54,6 mil, representando 78% do mercado.

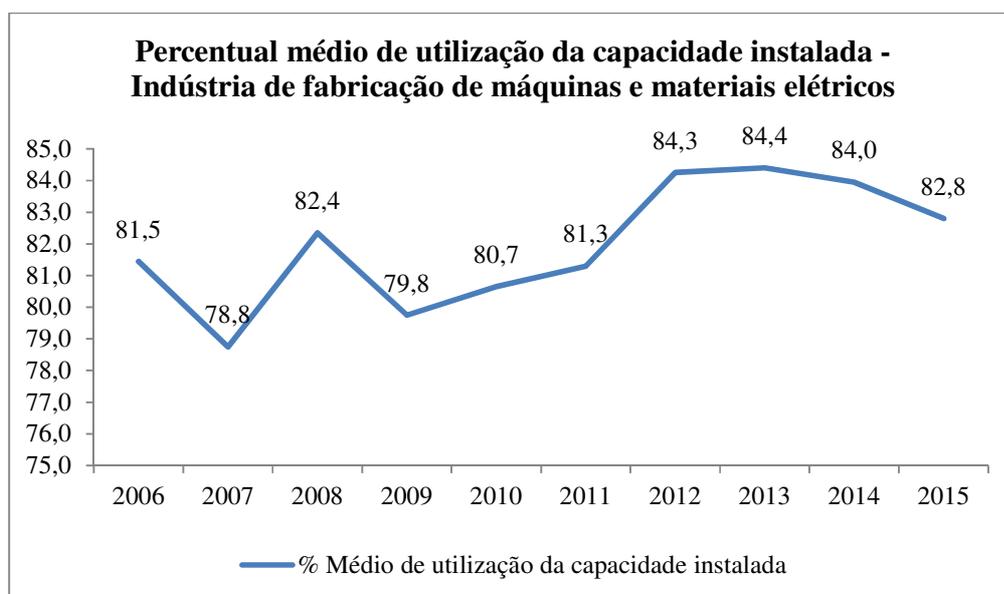
O segmento eletroeletrônico brasileiro possui a peculiaridade de produzir bens de capital, bens intermediários e bens de consumo. Para Cardoso (2015) essa característica faz com que esse segmento não apresente comportamento econômico homogêneo, ou seja, pode-se ter uma

situação em que as empresas fabricantes de determinados produtos apresentem crescimento no faturamento, enquanto empresas fabricantes de outros exibam queda no mesmo indicador.

Dados da Abinee (2015) apontam que os principais produtos exportados pela indústria eletroeletrônica em 2014 foram motores e geradores, componentes para equipamentos industriais e eletrônica embarcada. Já os principais produtos importados foram componentes para telecomunicações, semicondutores, componentes para informática e instrumento de medida. Na relação entre exportações e importações em 2014, tem grande destaque a indústria de fabricação de componente elétricos e eletrônicos que responde por 55% do fluxo de comércio de produtos.

O percentual médio de utilização da capacidade instalada das indústrias de fabricação de máquinas e materiais elétricos, especialmente eletroeletrônicos, entre os anos de 2006 e julho de 2015, (Figura 4.5) apontou que nos últimos dez anos o percentual permaneceu entre 78% e 84%, mostrando uma boa atividade ao longo dos anos. Durante esse período, o mês de menor atividade foi em 2007, com utilização de 78,8% da capacidade instalada operando e em 2009 com 79,8%, reflexo da crise mundial. O maior percentual foi em 2013, quando 84,4% das máquinas trabalharam.

Figura 4.5 - Percentual médio de utilização da capacidade instalada – Indústria de fabricação de máquinas e materiais elétricos



Fonte: CNI, 2015

No Amazonas, a Suframa (2015) estima um total de 42.920 empregados no segmento de produtos eletroeletrônicos, sendo o segmento industrial que mais emprega no Estado.

O segmento Eletroeletrônico está inserido no Polo Industrial de Manaus como Subsetor de Material Elétrico, Eletrônico e de Comunicação, que inclui o Polo de Componentes dos Produtos Eletroeletrônicos e de Comunicação, o Polo de Produtos Eletroeletrônicos e de Comunicação e o Polo de Máquinas Copiadores e Similares.

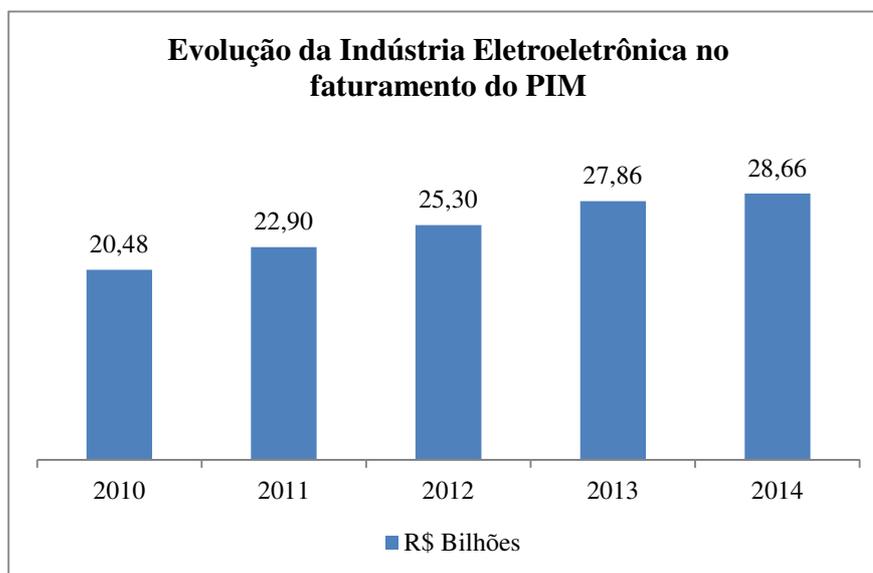
A Tabela 4.1 apresenta a representatividade do segmento de Eletroeletrônico no Polo Industrial de Manaus.

Tabela 4.1 - Representatividade do segmento de Eletroeletrônico no Polo Industrial de Manaus

Item	2014	2015 (1º. Sem)
Número de unidades	116	116
Empregos	48.947	42.920
Faturamento	R\$ 28.663.837.735	R\$ 11.157.639.663
Participação no faturamento do PIM	32%	29,5%
Produção de aparelhos de barbear não elétricos	207.761 un	96.754 un
Produção de Telefones Celulares	356.832	80
Cartucho de lâminas de barbear	138.122.236	104.321.884

Fonte: SUFRAMA, 2015.

Atualmente existem 115 empresas do segmento em atividade com projetos plenos aprovados pela Suframa. A indústria Eletroeletrônica é o segmento que mais fatura no PIM. Nos últimos cinco anos o segmento apresentou uma taxa crescimento de aproximadamente 9,3% no faturamento, mostrando que os produtos fabricados no Polo são atraentes ao mercado nacional e internacional. A Figura 4.6 mostra a Evolução da Indústria Eletroeletrônica no faturamento do PIM.

Figura 4.6 - Evolução da Indústria Eletroeletrônica no faturamento do PIM

Fonte: SUFRAMA, 2015

Os principais produtos produzidos e exportados no Polo industrial de Manaus pela indústria eletroeletrônica foram aparelhos de barbear não elétricos, terceiro produto mais exportado do PIM, em seguida telefones celulares e lâminas de barbear.

4.2 CONSUMO DE ENERGIA DO SEGMENTO DE ELETROELETRÔNICO

A Indústria de Material Elétrico, Eletrônico e de Comunicação é classificada pela EPE como indústria não energia-intensiva, alocada no conjunto “Outros Segmentos Industriais” dentro do Balanço Energético Nacional. Verifica-se que o ramo eletroeletrônico de atividade industrial, possui, na sua maioria, processos de montagem e fabricação, notadamente, com pouco conteúdo energético.

Levantamentos realizados para a elaboração deste trabalho mostraram que existe uma grande carência de informações sobre o consumo de energia e medidas de eficiência energética nos processos produtivos nos segmentos eletroeletrônicos. Também não foram encontrados dados oficiais de consumo específico térmico e elétrico publicados atualmente na literatura.

A empresa eletroeletrônica pesquisada é uma fabricante nacional de produtos da linha branca. Essa empresa possui duas etapas de manufatura de seus produtos: a fabricação onde

existem processos como estamparia, pintura e, posteriormente, o processo de montagem e acabamento. Entende-se que apesar de se apresentar como uma indústria não energo-intensiva, a indústria Eletroeletrônica é responsável pelo consumo de energia durante a vida útil de seus produtos (ABINEE, 2015).

O segmento da Linha Branca tem como característica peculiar a maturidade tecnológica, não apresentando grandes inovações mesmo com novos produtos sendo lançados. Os produtos deste segmento são intensivos em corte, dobra, furação, tratamento e pintura, apresentando pouca complexidade tanto no produto como no processo. Os componentes que possuem maior grau tecnológico encontram-se nos fornos micro-ondas, nas lavadoras, nos refrigeradores, freezers e ar condicionado, tendo os compressores como componente principal e concentrando nos sistemas de controle de ciclo o maior grau tecnológico dos produtos.

O Relatório Setorial de Oportunidades de Eficiência Energética para as Indústrias Não Energo-intensivas desenvolvido pelo CNI (LEITE *et. al*, 2010), totalizou os consumos dos diversos energéticos utilizados pelos setores e concluiu que as indústrias do segmento não energo intensivo são predominantemente consumidores de energia elétrica, consumida, principalmente, em força motriz (acionamento de sistemas de esteiras transportadoras, bombeamento e iluminação).

Na distribuição relativa dos energéticos consumidos pelos segmentos não energo intensivos da indústria de transformação, Leite *et. al*, 2010 estima que a energia elétrica é responsável por cerca de 60% do total da energia consumida, seguido pela lenha, com 13,84%, outras secundárias do petróleo, com 7,46% e gás natural, com 6,29%. Dessa forma pode-se concluir que existe um potencial de efficientização de, aproximadamente, 10% de toda a energia consumida pelos segmentos não energo intensivos do Brasil, considerando apenas a efficientização elétrica deste segmento.

4.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SEGMENTO DE ELETROELETRÔNICO

De acordo com a Abinee (2015) o setor Eletroeletrônico contribui para aumentar a eficiência energética, produtividade e flexibilidade, por permitir a personalização de processos, e níveis de sustentabilidade de indústrias e empresas de diversos segmentos. Neste sentido, o setor

Eletroeletrônico é de suma importância para os outros setores econômicos, dado que é o avanço tecnológico desses componentes que possibilita a inovação e a competitividade para as máquinas, os equipamentos e os sistemas.

As indústrias do setor vêm promovendo, internamente, inúmeros programas específicos para a mobilização e sensibilização de seus colaboradores. As grandes empresas de abrangência internacional envolvem suas equipes em programas de âmbito mundial ligados à política dos 3 “Rs” – Reduzir a geração de resíduos, Reutilizar e Reciclar – (ABINEE, 2015). Esse tipo de programa envolve a redução do consumo de água nas instalações produtivas e administrativas, redução do consumo de energia elétrica e adoção de práticas e conceitos sustentáveis. Esta é uma ação que faz parte da estratégia das principais empresas do setor.

A Tabela 4.2 abrange as principais oportunidades para a eficiência energética e operacional apontadas pela Abinee para segmento eletroeletrônico.

Tabela 4.2 - Oportunidades para eficiência energética e operacional no segmento eletroeletrônico

Oportunidades para eficiência energética e operacional no segmento eletroeletrônico	
Mudança na matriz energética	<p>Cogeração a gás natural.</p> <p>Troca de combustível em equipamentos como caldeiras para geração de vapor e calor (de óleo combustível e carvão para gás natural, e biomassa).</p> <p>Geração isolada de energia renovável - eólica e solar.</p>
Eficiência energética	<p>Recuperação de calor e frio de sistemas de ar condicionado e máquinas.</p> <p>Melhoria da combustão.</p> <p>Adoção de processos mais eficientes.</p> <p>Otimização em sistemas de vapor e automação de equipamentos.</p>

Uso de insumos alternativos na fabricação de produtos elétricos e eletrônicos	Uso de gases com menor potencial de aquecimento global. Uso de materiais reciclados para a fabricação dos aparelhos eletrônicos.
Monitoramento dos indicadores de eficiência operacional	Monitoramento automático e em tempo real da eficácia global dos equipamentos, para mostrar com clareza onde estão os desperdícios e alavancar ações.
Mudanças e melhorias nos processos industriais	Mapeamento do processo produtivo, medição dos tempos das operações, identificação dos gargalos e restrições produtivas.

Fonte: ABINEE, 2012.

É importante reforçar que a medição de indicadores de eficiência operacional se torna cada vez mais essencial para qualquer empresa de manufatura independentemente do ramo de atuação. Para Oliveira e Helleno (2012), a adoção de um sistema informatizado de apoio à gestão facilita a consulta e entendimento da origem dos dados e seus motivos, independentemente do nível hierárquico. Os gestores de produção têm a possibilidade de analisar seus indicadores *on-line*, o que para a tomada de decisão é um fator fundamental para a reação perante os problemas de rotina, com o estabelecimento de um plano de ação rápido, sem a necessidade da compilação manual do histórico de dados, e o compartilhamento da informação para ação de todo o time.

4.4 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL PARTICIPANTE DO ESTUDO

Mundialmente, o setor eletroeletrônico é um dos mais importantes setores econômicos atuais. Possui grande diversificação em empresas e oferta de produtos. O critério para a escolha do segmento eletroeletrônico baseia-se pelo fato de apresentar altos volumes de exportações e faturamento, grande representatividade do setor para economia, geração de emprego e PIB na Região Norte.

A unidade de Manaus foi inaugurada em 1992 e iniciou suas atividades com a fabricação de fornos de micro-ondas. Dois anos mais tarde, iniciou-se a produção de condicionadores de ar. Em 1998, foi inaugurada uma nova fábrica, com cerca de 30 mil metros quadrados de área construída onde, atualmente, são produzidos e comercializados uma linha de eletrodomésticos de varias marcas.

A fabricação de produtos prioriza a redução dos impactos ambientais, com a gestão de materiais e resíduos e redução da emissão de gases efeito estufa. Seguindo este preceito, 100% da água utilizada na fábrica de Manaus vêm de poços artesianos, com uma operação de baixo custo. Além disso, a Unidade tem projetos para aproveitar água da chuva, abundante na região. A Unidade Manaus conta com 1800 colaboradores diretos e funciona 144 horas por semana. A empresa possui certificação NBR ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 18.001.

Os Principais produtos fabricados pela indústria de bebidas participante do estudo são (Tabela 4.3)

Tabela 4.3 - Principais produtos fabricados pela indústria eletroeletrônica participante do estudo

Produtos fabricados pela indústria participante do estudo	
	Ar-condicionado de janela.
	Ar-condicionado Split.
	Lava louças
	Forno de micro-ondas.
Quantidade mensal produzida	240200 peças.
Capacidade nominal de prod. mensal	Não fornecido.
Peso por peça médio kg/peça	Não fornecido

Fonte: Resultado da pesquisa

A empresa afirmar investir continuamente em processos produtivos mais limpos e em produtos eficientes, minimizando impactos referentes ao consumo de recursos naturais e à geração de resíduos e efluentes. Possui expressivo nível de eficiência energética e gestão de materiais e resíduos, com a utilização de equipamentos automatizados, com componentes modernos e que fazem uso racional da energia elétrica e implantação de inversores de frequência. A unidade produz fornos micro-ondas, lava-louças e ar condicionado do tipo *split* e de janela.

O percentual de montagem e fabricação dos eletrodomésticos na unidade segue na Tabela 4.4 abaixo:

Tabela 4.4 - Percentual de montagem e fabricação dos eletrodomésticos na unidade

Produto	Montagem	Fabricação
Ar-condicionado de janela	50%	50%
Ar-condicionado Split	80%	20%
Lava louças	85%	15%
Forno de micro-ondas	95%	5%

Fonte: Resultado da pesquisa

Por estar próxima à maior floresta tropical do mundo, a indústria procura levar uma política de sustentabilidade e redução do desperdício de matérias-primas para a preservação do meio ambiente. Os insumos de energia utilizados são a eletricidade, óleo combustível e o gás natural.

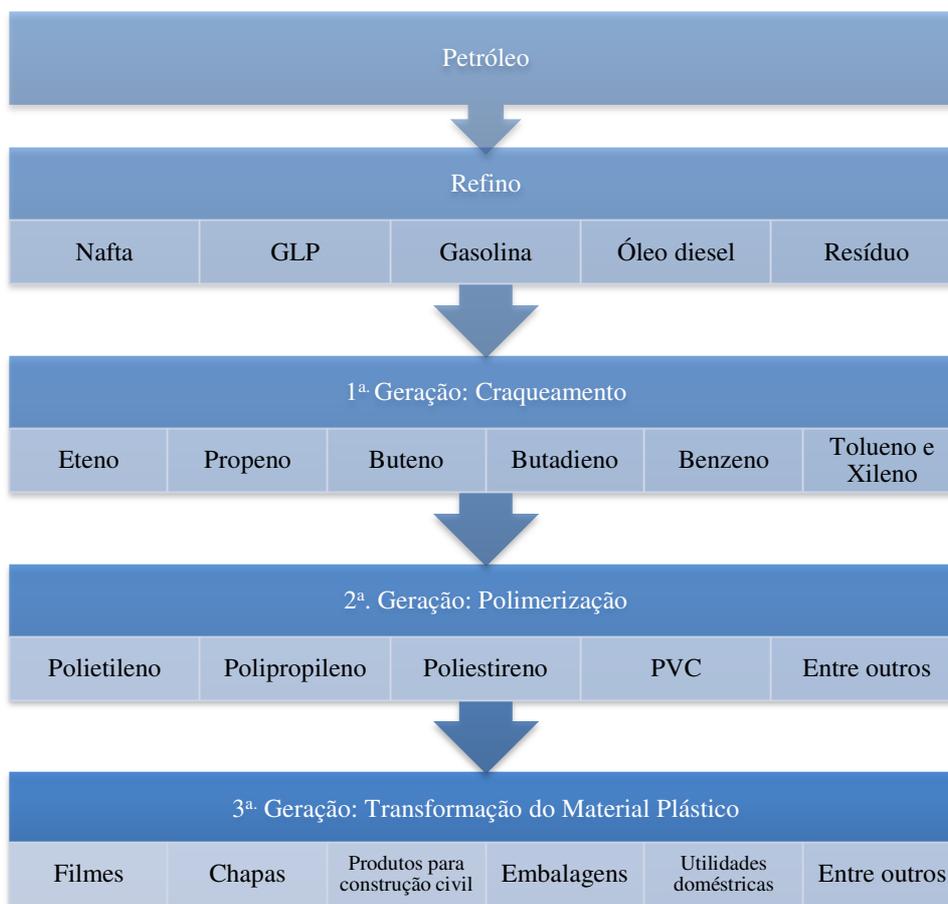
A média de consumo de energéticos em 2014 foi de 0,20 MJ/Peça. Melhorias e incrementos vêm sendo obtidos desde 2010 nas fábricas da instalação, por meio de projetos focados em novas tecnologias, troca de motores, troca de lâmpadas, otimização e inteligência de processos.

5. SEGMENTO INDUSTRIAL DE PRODUTOS DE MATERIAIS PLÁSTICOS

A classificação da indústria química brasileira e de seus segmentos já foi a razão de muitas divergências, o que dificultava a comparação e análise dos dados estatísticos referentes ao setor. Segmentos caracteristicamente químicos, como os de resinas termoplásticas e de borracha sintética, não eram incluídos nas análises setoriais. No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com o apoio da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), definiu, com base nos critérios aprovados pela Organização das Nações Unidas (ONU), uma nova Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) e promoveu o enquadramento de todos os produtos químicos nessa classificação. Para esta caracterização, os dados não fornecidos pelas associações e sindicatos dos Materiais Plásticos foram obtidos pela ABIQUIM.

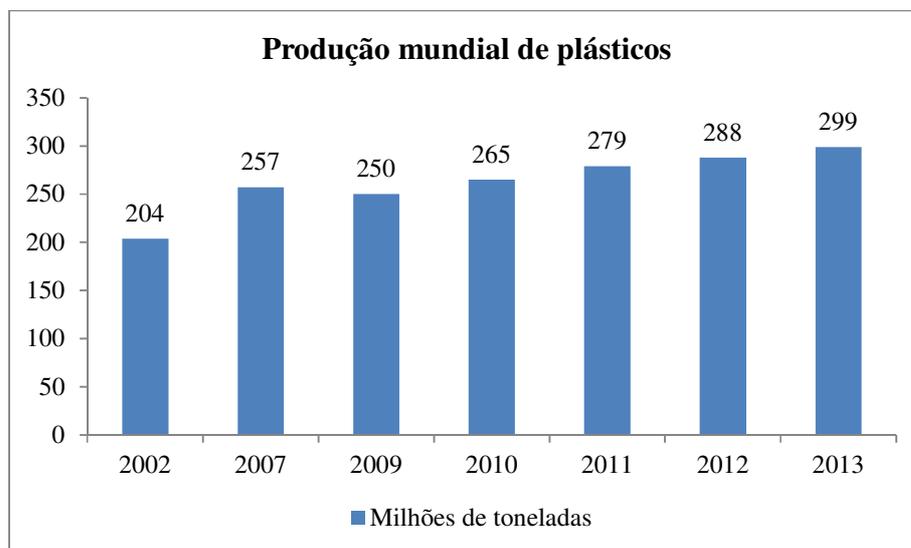
5.1 ASPECTOS GERAIS DO SEGMENTO

A cadeia produtiva do plástico (Figura 5.1) tem início na Primeira Geração Petroquímica, que transforma a nafta em insumos petroquímicos (eteno, propeno, etc). Esses insumos são direcionados para a Segunda Geração, onde são polimerizados em resinas termoplásticas, matéria-prima utilizada pelas indústrias transformadoras de material plástico (3ª geração) que fabricam produtos e soluções destinados a praticamente toda a indústria de transformação brasileira, bem como diretamente ao varejo e ao consumidor (ABIPLAST, 2015).

Figura 5.1 - Cadeia Produtiva do Plástico

Fonte: ABIPLAST, 2015.

Internacionalmente a indústria de materiais plásticos vem crescendo continuamente nos últimos anos. Apesar da crise econômica mundial, queda no consumo e produção de plásticos em 2009, o mercado mostrou uma boa recuperação e a produção de plásticos em 2013 foi recorde, com um crescimento em relação a 2009 de 19,6%. A Figura 5.2 foi elaborada através dos dados fornecidos pela *Plastics Europe* (2015) que apresenta o desempenho mundial da produção industrial de materiais plásticos em 2002 e, entre 2007 e 2013.

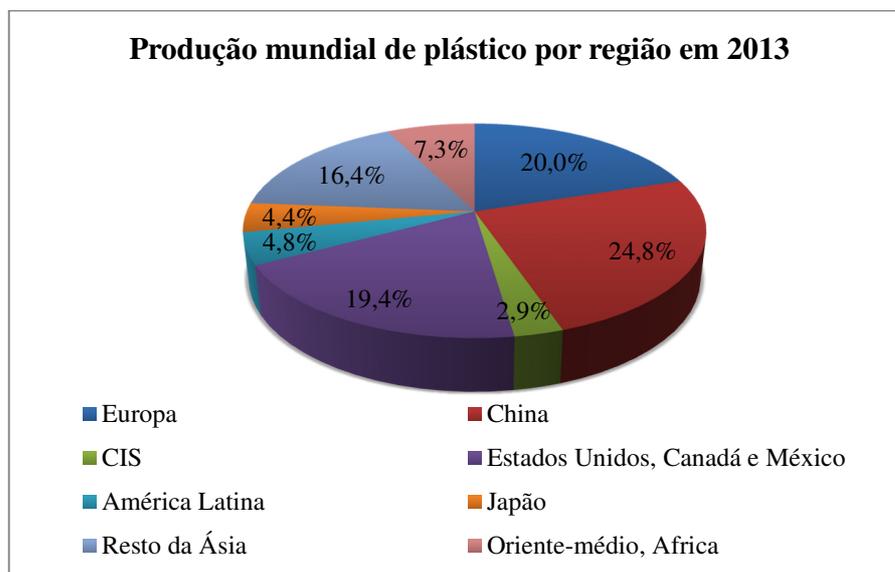
Figura 5.2 - Produção mundial de plásticos em milhões de toneladas

Fonte: Adaptado de (PLASTICS EUROPE, 2015).

No que se concerne à produção de materiais plásticos, incluindo termoplásticos e poliuretano, o maior produtor mundial em 2013 foi a China, com uma produção de, aproximadamente, 74 milhões de toneladas. De acordo com a *Plastics Europe* (2015), a União Europeia foi a segunda maior produtora, com quase 60 milhões de toneladas, entre os países europeus a Alemanha é a principal responsável pela produção de materiais plásticos com 25,4% da fabricação, seguida pela Itália com 14,3%.

A participação na produção mundial de plásticos dos países do Tratado Norte-Americano de Livre Comércio (NAFTA), composto pelos Estados Unidos, Canadá e México, chegou a 19,4%. É válido ressaltar que a indústria de plásticos dos Estados Unidos foi a terceira maior na produção mundial. Já a produção de plásticos na América Latina foi responsável por 4,8% da produção mundial de materiais plásticos em 2013. A Figura 5.3 apresenta a produção mundial de plástico em 2013 por região/país (PLASTICS EUROPE, 2015).

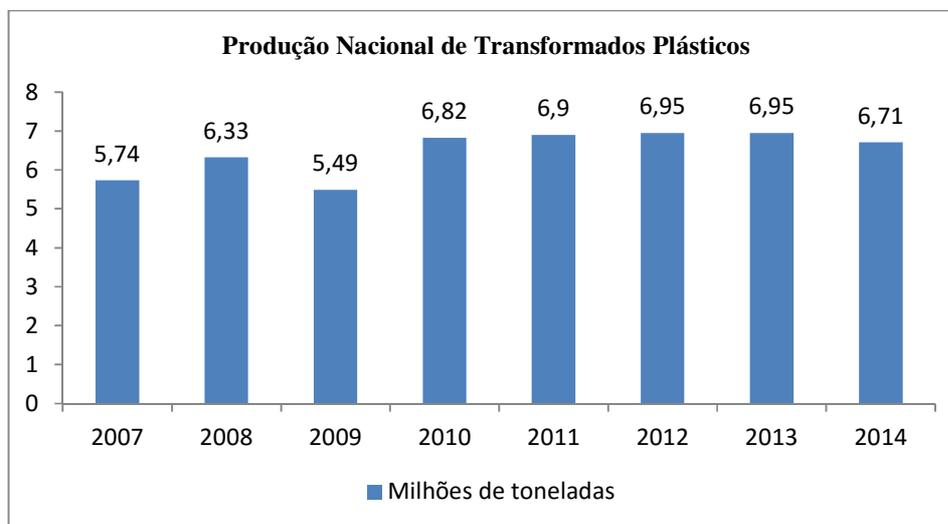
Figura 5.3 - Produção mundial de plástico por região em 2013



Fonte: PLASTIC EUROPE, 2015.

No contexto global, a participação brasileira na produção de resinas termoplásticas, representou 2,7% da produção mundial, equivalente a 6,5 milhões de toneladas, sendo a mais significativa da América Latina (ABIPLAST, 2015).

A Abiplast (2015) estima que no Brasil, a produção física de transformados plásticos em 2014 (Figura 5.4.) teve queda de (-3,5%) em relação ao ano anterior, o que se deve principalmente à retração de (-4,3%) da produção industrial brasileira no mesmo período. Ao observar o comportamento de importantes setores da economia brasileira, houve uma desaceleração na atividade da indústria automobilística, esta sofreu retração da produção de aproximadamente (-16%) frente a 2013, o que se refletiu na redução da demanda por componentes plásticos para essa indústria.

Figura 5.4 – Produção Nacional de Transformados Plásticos em milhões de toneladas

Fonte: IBGE, 2014.

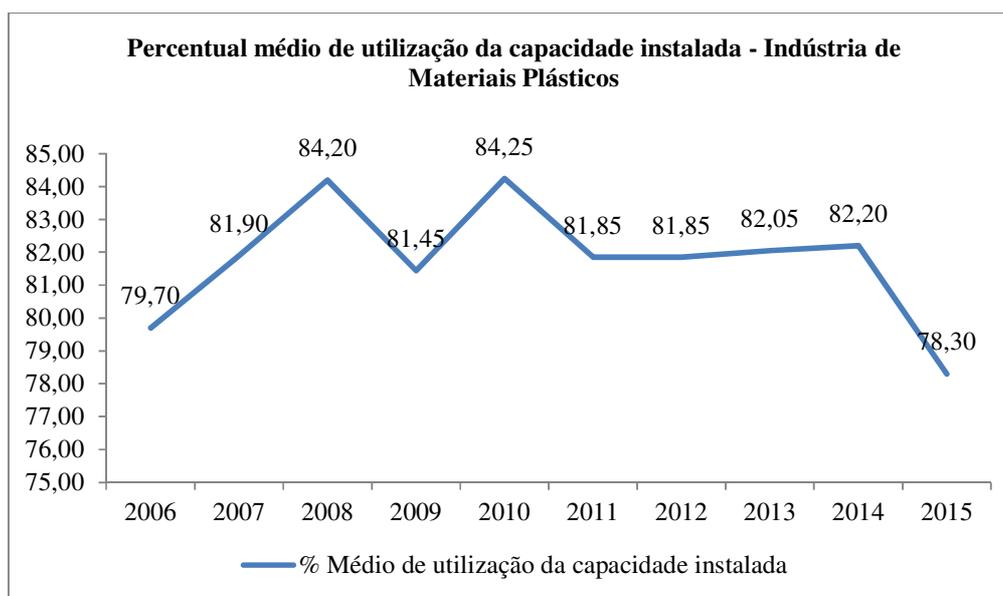
Segundo a Braskem (2015), maior indústria petroquímica do Brasil e líder das Américas na produção de resinas termoplástica. O ano de 2014 foi ainda mais desafiador que 2013, tanto para a Braskem quanto para a cadeia de transformação plástica, em decorrência do menor crescimento da economia brasileira, da perda de competitividade da indústria nacional e da concorrência internacional. Para 2015, as expectativas são de um ano de ajustes na economia do país, possivelmente com lenta retomada do crescimento, mas, de qualquer maneira, um ano ainda desafiador para o ambiente de negócios.

No Brasil setor de transformados plásticos possui mais de 11,5 mil empresas distribuídas por todo o Brasil que empregam mais de 352 mil funcionários, passando da terceira para a quarta posição dentre os setores da indústria de transformação que mais empregam no país. A maior concentração de empresas e de empregados está localizada nas regiões Sudeste e Sul do país, que juntas possuem 84,6% das empresas brasileiras do setor e 83,7% dos empregados (ABIPLAST, 2015).

O percentual médio de utilização da capacidade instalada das indústrias de Materiais Plásticos brasileira, entre os anos de 2006 e julho de 2015, (Figura 5.5) apontou que nos últimos dez anos o percentual permaneceu entre 78% a 84%, ou seja, a demanda nunca foi suficiente para colocar toda a estrutura industrial em funcionamento. Durante esse período, o mês de menor

atividade foi em 2006, com utilização de 79,70% da capacidade instalada e no primeiro semestre de 2015 com 78,30%. O maior percentual foi em 2010, quando 84,25% das máquinas trabalharam.

Figura 5.5 - Percentual médio de utilização da capacidade instalada na Indústria de Materiais Plásticos



Fonte: CNI, 2015

No Amazonas, a Abiplast (2015) estima um total de 10.187 empregados no segmento de transformados plásticos, com 2,9% da participação nacional, e ainda contabiliza 127 empresas cadastradas, ocupando a 11^a. colocação em termos de unidades no território nacional. O subsetor dos Produtos das Matérias Plásticas está inserido no Polo Industrial de Manaus. Desde maio de 2014, existem 80 empresas com projetos plenos aprovados pela Suframa, o segmento ocupa a 6^a. colocação no faturamento do PIM.

Tabela 5.1 - Representatividade do segmento de Materiais Plásticos no Polo Industrial de Manaus

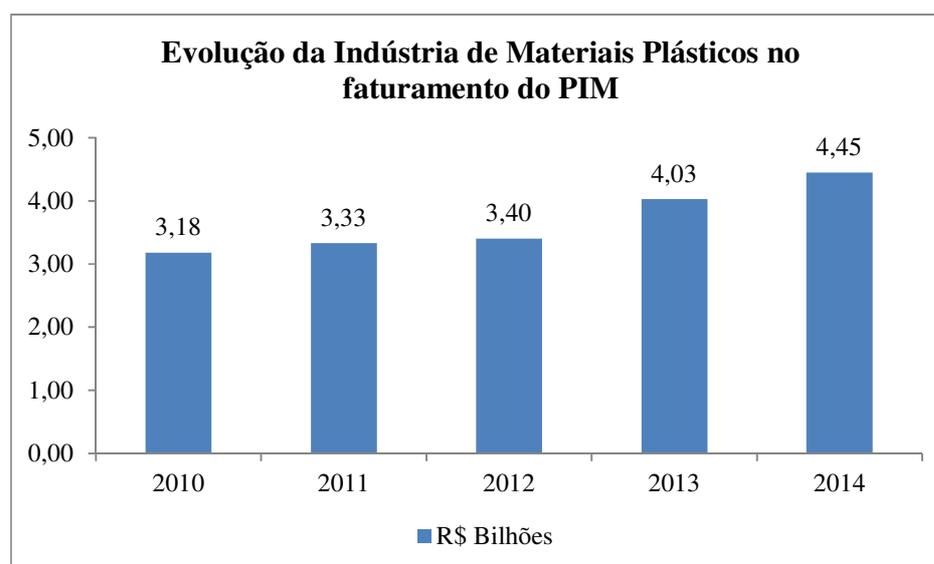
Item	2014	2015 (1 ^o . Sem)
Número de unidades	80	80
Empregos	10.117	9.332
Faturamento	R\$ 4.448.262.711	R\$ 2.122.156.800
Participação no faturamento do PIM	5,09%	5,61%

Produção de peças plásticas para condicionador de ar	771,76 ton	950,0 ton
Produção partes e peças para aparelhos eletrônicos	185.962 ton	88.853,8 ton
Produção partes e peças para aparelhos eletroeletrônicos	17.669.373 un	2.272.620 un
Produção de outras obras de plásticos	46.836 ton	44.990 ton

Fonte: SUFRAMA, 2015.

A Figura 5.6 apresenta a Evolução da Indústria de Materiais Plásticos no faturamento do Polo Industrial de Manaus. Nos últimos cinco anos o segmento manteve-se no 4º. Lugar no faturamento, com aproximadamente 5% do faturamento total do Polo. Observa-se um crescimento expressivo de 9% de 2013 para 2014.

Figura 5.6 - Evolução da Indústria de Materiais Plásticos no faturamento do PIM



Fonte: SUFRAMA, 2015.

Dentre os insumos e componentes fabricados pela indústria de transformação de materiais plásticos destacam-se a produção de peças plásticas para condicionador de ar, partes e peças para aparelhos eletrônicos e eletroeletrônicos, tais produtos obtidos através do processo de injeção plástica, e a produção de outras obras de plásticos.

5.2 CONSUMO DE ENERGIA NO SEGMENTO DE MATERIAIS PLÁSTICOS

A indústria Química é segunda maior consumidora de energia com mais de 15% do consumo industrial global (ABB, 2013). Os Estados Unidos se destacam com as maiores indústrias energo-intesivas do setor. Em 2010 a China obteve o maior consumo de energia por unidade de valor se configurando entre as principais produtores mundiais de produtos químicos.

No Brasil de acordo com a Matriz Energética Brasileira (BEN, 2015), ano base 2014, a indústria de Fabricação de Produtos Químicos ocupa a terceira maior participação no consumo de eletricidades da indústria nacional, 10,86% do total (Figura 2.5, Capítulo 2), com um consumo estimado em 22,361 GWh. Já a indústria de Fabricação de Produtos de Borracha e de Material Plástico participa com 5 % do total consumido, ocupando a sexta posição nacional.

O último relatório de Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso segmento de fabricação de artigos de borracha e de material plástico fornecido pela Eletrobrás (2007) apresentou os resultados da pesquisa com base em 83 instalações industriais, em cinco regiões do Brasil. O trabalho contou com o apoio de 15 distribuidoras de energia elétrica e buscou expor um panorama do consumo de energia elétrica na classe industrial atendida em alta tensão no país.

Com relação aos sistemas consumidores, segundo a Eletrobrás (2007) o predominante nesse setor é o sistema de ar comprimido, presente em 46% das indústrias, seguido pela água de resfriamento com 56%. Ressalta-se que em 54% das indústrias não é utilizada nenhuma outra utilidade além da eletricidade.

Em termos de fator de potência, 60% das indústrias pesquisadas informaram o fator de potência médio de suas instalações. Das que informaram, 40% possuem fator de potência abaixo de 0,92; cerca de 4% das que informaram afirmaram que o fator de potência está abaixo de 0,8. No que diz respeito a correntes harmônicas, cerca de 21% das indústrias informaram que, em maior ou menor intensidade, são produzidas correntes harmônicas em suas instalações. O fator de carga médio da instalação foi informado por 70% das unidades pesquisadas. Para o conjunto de indústrias que informaram o valor médio foi de 45%. (ELETROBRAS, 2007).

A Sindiplast (2012) sinaliza que o segmento de transformação de materiais plásticos é um grande consumidor de energia elétrica, já que necessita movimentar motores e equipamentos de

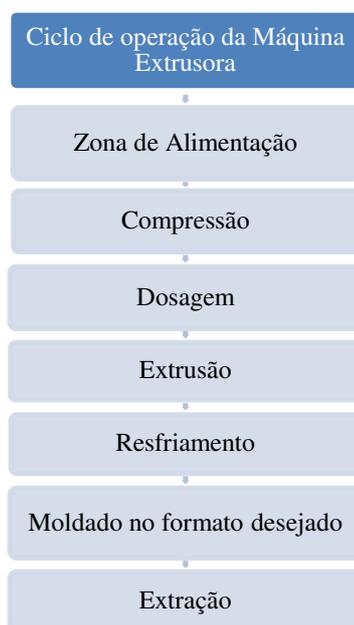
elevada potência para as etapas de moagem e processamento, bem como gerar calor para o processamento da matéria-prima, além de utilizar a energia em todos os demais periféricos. Do mesmo modo o consumo de energia elétrica no processo de retirada de calor do produto em formação é elevado, há casos em que é necessário que essa água seja resfriada com temperaturas abaixo da ambiente, demandando o uso adicional de geladeiras industriais e *chillers*.

Alguns materiais, como o ABS, a poliamida, o PMMA e também o policarbonato, exigem que a umidade seja retirada da matéria-prima, levando a horas de permanência desta em estufas com circulação de ar ou a vácuo, em temperaturas acima de 70°C. Esse aquecimento implica em um alto consumo de energia elétrica (SINDIPLAST, 2012).

Existem várias técnicas de moldagem para os materiais plásticos. Todas elas consistem em fundir a resina por meio de elevadas temperaturas e transportá-la através de uma rosca até um molde/matriz com o formato do produto a ser fabricado. A Abiplast (2015) cita que a extrusão é a técnica mais utilizada, com 62,8% da participação sobre o total dos processos, sendo que a extrusão de filmes, de perfis e de chapas são as mais utilizadas, representando a maior parte dentre as técnicas existentes de extrusão.

Esse processo pode ser subdividido em “extrusão de filmes” onde se produz filmes que serão utilizados para posterior confecção de embalagens, a “extrusão de perfil” que fabrica produtos para a construção civil, a “extrusão de chapas”, que fabrica chapas e lâminas que serão utilizadas para a produção de acessórios de linha branca e embalagens termoformadas. Por fim, há o processo de extrusão de sopro. A Figura 5.7 abaixo mostra as etapas do ciclo de operação na Máquina Extrusora.

Figura 5.7 – Ciclo de Operação da Máquina Extrusora



Fonte: TUDO SOBRE PLÁSTICOS²

¹Os principais equipamentos responsáveis pelo consumo de energia no processo de extrusão são os motores elétricos, aquecedores, sistemas de refrigeração e iluminação. Além da energia utilizada para o processamento do material, outras fontes de energia são solicitadas e usualmente perdidas ao longo do processo. Na produção de filmes plásticos a energia é consumida com grande intensidade para a refrigeração na zona de alimentação da extrusora, aquecimento/arrefecimento do cilindro de pressão e alimentação de ar comprimido (RECIPE, 2006).

O segundo método mais utilizado é a injeção, com participação de 32,4% (ABIPLAST, 2015). O processo de moldagem por injeção é um dos processos iniciais de manufatura na confecção dos materiais plásticos. É um processo rápido e utilizado para produzir bens de consumo muitas vezes idênticos, em grande escala e com ampla precisão. Esse processo confere detalhes muito específicos aos produtos como roscas, furos e encaixes perfeitos sendo muito utilizado na indústria de autopeças (como painéis de carros) fabricando produtos intermediários que servem como insumos para a indústria automotiva e também na produção de utilidades domésticas que se destinam ao consumidor final.

²Disponível em: <http://www.tudosobreplasticos.com/processo/extrusao.asp>

Os estágios da modelagem por injeção iniciam através da secagem do material, esse procedimento é necessário para a retirada completa da umidade do polímero, logo, o material é introduzido no molde selecionado e fechado. Em seguida é realizada a dosagem e mistura dos aditivos. No estágio de moldagem por injeção, o material plástico é derretido, misturado e resfriado completamente para ser convertido em sólido. Posteriormente o material é removido apropriadamente da máquina e os resíduos da operação podem ser reutilizados na reciclagem.

A Figura 5.8 a seguir apresenta as etapas do ciclo de operação na Máquina de Injeção Plástica.

Figura 5.8 - Ciclo de Operação da Máquina de Injeção Plástica



Fonte: Adaptado de (MADAN, 2015).

As máquinas injetoras de plástico são equipamentos cuja finalidade é a produção de peças plásticas através de injeção de polímeros (plásticos) a altas temperaturas em moldes pré-fabricados. A injeção do material se dá por avanço do parafuso injetor (rosca helicoidal), e depois de completado o ciclo de injeção a peça manufaturada é liberada com a abertura do molde e disponibilizada na calha de saída (WEG, 2009).

O uso da energia no processo de moldagem por injeção pode ser observado em duas fases: uma alta potência é exigida por um curto período de tempo para injetar e ejetar o material plástico do molde e uma baixa potência é necessária durante um longo período de tempo para

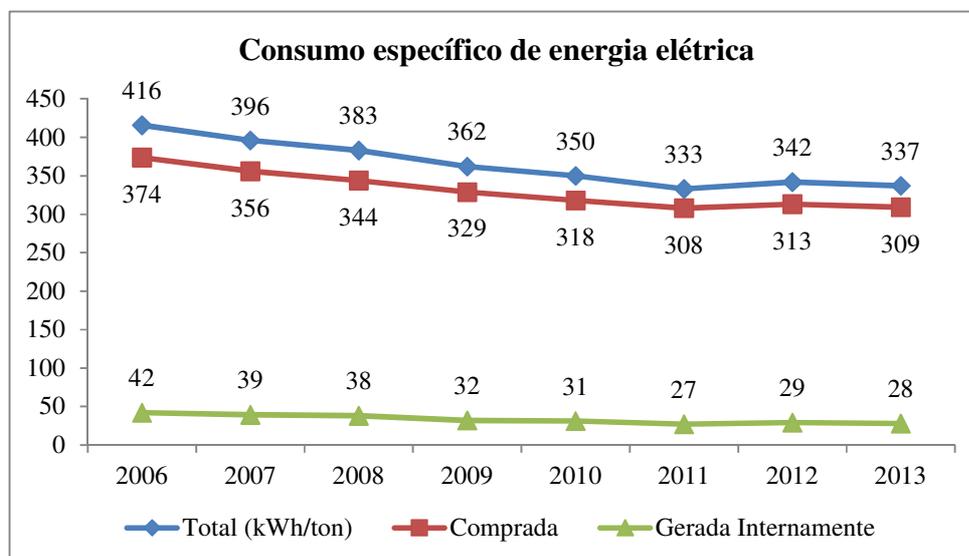
esfriar o material. A energia é solicitada não apenas para derreter o material plástico e esfriá-lo novamente, mas para gerar a pressão para forçar a entrada do material no molde. Adicionalmente a energia é utilizada para abrir, fechar e segurar o molde em baixas pressões enquanto o mesmo está sendo formado (RECIPE, 2006).

De acordo com Weg (2009), em injetoras convencionais, praticamente todos os movimentos são realizados através de válvulas de vazão e pressão e atuadores hidráulicos (pistões, êmbolos etc) acionados por bombas hidráulicas. Estes, por sua vez, são acionados por motores elétricos, responsáveis por aproximadamente 80% do consumo de energia elétrica do equipamento. Esse equipamento funciona em ciclos de operação, onde cada ciclo é responsável pela confecção de uma ou mais peças. Pode-se também verificar que o motor elétrico pode operar grande parte do tempo com baixas cargas, o que se traduz em desperdício de energia.

Um importante *benchmark* utilizado que representa a performance da indústria é o consumo específico de energia. A Abiquim (2014) avaliou o consumo específico da indústria química brasileira (Figura 5.9), no último histórico de desempenho fornecido, apontou em 337 kWh/ton consumidos em 2013.

Desde 2006, o consumo específico de energia decaiu aproximadamente 18%. O incentivo ao uso de matérias-primas renováveis, particularmente nos processos em que há cogeração de CO₂ e energias renováveis, disponibiliza aos mercados nacional e internacional produtos diferenciados em conteúdo de carbono e uma alternativa para continuar a reduzir a intensidade de carbono sem comprometer as metas de crescimento da indústria química e da sua cadeia produtiva.

Figura 5.9 – Consumo específico de energia elétrica da indústria química



Fonte: ABIQUIM, 2014.

Dentro da indústria química, o segmento petroquímico, possui indústrias intensivas em tecnologia e em energia. Um dos principais produtos demandados dessa indústria são as resinas, cujos principais segmentos industriais que impulsionam sua demanda são setor de embalagens, o setor automotivo, a construção civil, bem como bens de capital, que impulsionam, respectivamente, a demanda por PVC, polietileno, polipropileno e demais termoplásticos. Para o segmento Petroquímico, o consumo específico de eletricidade em 2013 foi de aproximadamente 1.59 MWh/ton (EPE, 2014).

No que se concerne ao consumo específico energético da indústria de Materiais Plásticos, não há publicação oficial fornecida pelas associações e sindicatos. A pesquisa de Kanungo e Swan, (2008) *apud* Madan, (2015) considera 1,47 MJ/kg, como a média industrial da utilização elétrica nos processos de modelagem em máquinas de injeção plástica.

O último guia de boas práticas na Indústria Plástica desenvolvido pela *Focus On Energy* (2006), estimou o consumo específico de energia elétrica em aproximadamente 2,86 kWh/kg, este valor inclui todos os processos produtivos na indústria, o consumo específico somente para a máquina de injeção apurado foi de 1,85 kWh/kg.

5.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SEGMENTO DE MATERIAIS PLÁSTICOS

Estima-se que mais de 90% dos custos de energia nos processos de moldagem por injeção são contabilizados pelo uso da eletricidade. Todo processo elétrico das injetoras têm potencial para reduzir os custos de moldagem entre 30% e 60%, dependendo tipo de molde e da máquina utilizada (TANGRAM, 2005). De certo, medidas de eficiência energética de baixo custo podem melhorar os lucros significativamente. Todavia, essa possível economia de energia e de custos só será alcançada se houver um política compromissada com a gestão energética dentro das empresas.

Para obter uma produção ecologicamente correta e eficiente nos processos de injeção duas opções são possíveis: a primeira é o aprimoramento de tecnologias e a segunda, de processos. Enquanto a primeira opção tem por objetivo reduzir a média de demanda de energia ou materiais, a segunda abordagem é focada na redução de tempo nos processos (SPIERING, 2015).

A Weg (2009) explicita em seus pressupostos que uma alternativa para uma ação de eficiência energética em injetoras plásticas é a adoção do conjunto motor eficiente e inversor de frequência, melhorando o rendimento global do equipamento, e também permitindo que o processo torne-se mais “inteligente”, uma vez que o consumo de energia será proporcional à sua real necessidade.

De acordo com a SINDIPLAST (2012) a utilização de mantas térmicas (isolamento) nas zonas aquecidas de equipamentos como os “cilindros” e “canhões” das injetoras, sopradoras e extrusoras, ajuda a diminuir a perda de calor para o ambiente, reduzindo em torno de 25% o consumo de energia elétrica para se manter e uniformizar a temperatura do sistema. As mantas são normalmente confeccionadas em fibra de vidro ou cerâmica envolvida em tecido resistente, suportando trabalho constante a 500°C, sua temperatura externa chega no máximo a 70°C, dessa forma, protegendo também o trabalhador de queimaduras e exposição ao calor excessivo.

O emprego de máquinas injetoras e sopradoras elétricas ou híbridas também são oportunidades para evitar perdas energéticas. Segundo Sindiplast (2013) estudos comprovam que, dependendo da escala de produção, a utilização de injetoras híbridas ou elétricas economiza

até 60% o consumo de energia elétrica da máquina, quando comparado ao desempenho de injetoras hidráulicas tradicionais executando as mesmas operações. Em uma máquina de acionamento híbrido (elétrico e hidráulico), ou somente elétrico, os movimentos são executados individualmente, através de atuadores instalados diretamente no ponto necessário; com isso, a força motriz é totalmente aproveitada, evitando-se perdas por transmissão e também aumentando a velocidade dos ciclos e a produtividade.

A Tabela 5.2 aponta as oportunidades para eficiência energética no segmento de transformação de materiais plásticos.

Tabela 5.2 – Oportunidades para eficiência energética no segmento de transformação de materiais plásticos

Oportunidades para eficiência energética	Benefícios
Emprego de Motores elétricos eficientes e inversores de frequência para o acionamento de máquinas	Os modelos de motores mais eficientes economizam energia elétrica e os inversores de frequência auxiliam no controle da velocidade do motor de indução trifásico.
Emprego de mantas térmicas nos equipamentos	Auxiliam na redução da perda de calor para o ambiente, além de protegerem o trabalhador de queimaduras e exposição ao calor.
Modernização do parque fabril	Utilização de novas tecnologias para economia de energia e aumento da produtividade, como a substituição de equipamentos ultrapassados.
Emprego de máquinas injetoras e sopradoras elétricas ou híbridas	A utilização de injetoras híbridas ou elétricas economiza 60% o consumo de energia elétrica da máquina, em máquinas sopradoras a economia pode chegar até 60%.
Uso de acumuladores de pressão (tanques pulmão)	Substitui as grandes bombas hidráulicas, que costumam ficar ociosas durante uma grande parte do ciclo, consumindo energia elétrica desnecessariamente. A economia de energia pode chegar até 30%.
Utilização de secadores de material do tipo “funil térmico”	O ar quente é soprado de maneira uniforme para secar os materiais úmidos, substituindo o uso de estufas. Diminuindo em até 10 vezes o consumo de energia.
Utilização dos equipamentos conforme a necessidade (planejamento da produção)	O planejamento da produção pode evitar o superdimensionamento de processos ou equipamentos, gastos desnecessários com energia elétrica e subutilização da capacidade da instalação.
Manutenção preditiva, preventiva e corretiva	Os equipamentos com suas manutenções planejadas e em dia consomem menos insumos, dessa forma podem aumentar sua produtividade e reduzir os gastos.
Iluminação eficiente	É recomendado dimensionar corretamente o sistema de

	iluminação e sua fixação, buscando o máximo aproveitamento da iluminação natural e lâmpadas de alta eficiência (maior quantidade de lumens por watt).
Utilização de capacitores para aumentar o fator de potência	Redução nas perdas de energia e aquecimento de condutores, aumento da vida útil de equipamentos.
Evitar perdas por problemas na tubulação de ar comprimido	Instalações com tubulações antigas e mal conservadas geram perdas de até 30% da capacidade total do compressor, caracterizando desperdício de energia elétrica.
Realização do diagnóstico energético da unidade	Define um plano estratégico com as alterações necessárias para um consumo energético mais eficiente sem afetar os níveis de produção.

Fonte: Adaptado de SINDIPLAST, 2012.

5.4 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL PARTICIPANTE DO ESTUDO

A indústria química é extremamente vasta, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), os grupos de produtos químicos incluem: fabricação de produtos químicos inorgânicos, fabricação de produtos químicos orgânicos, fabricação de resinas e elastômeros e fabricação de produtos preparados e químicos diversos.

Para o estudo desse artigo será analisada uma empresa termoplástica (Química - 3ª. Geração), ou seja, de materiais que aumentam sua maleabilidade quando a temperatura é elevada, a exemplo do polipropileno, polietileno, PVC, etc.

A unidade beneficiada foi fundada em 1978, a empresa em 2014 completou 36 anos de existência. Desde sua fundação em 1978 até 2011 teve como principal atividade-fim a produção de peças plásticas moldadas por injeção, incluindo processos de acabamento tais como pintura, tampografia, sub-montagens e serviços de ferramentaria.

Em setembro de 2011, a unidade diversificou e expandiu sua área de atuação, instalando no PIM uma unidade fabril dedicada exclusivamente à produção e montagem de produtos eletrônicos, principalmente placas eletrônicas e videogames de última geração.

Atualmente, a empresa tem capacidade para injetar até 1.500 toneladas mensais em peças plásticas, o que a coloca entre as 5 maiores indústrias de injeção plástica do Brasil. Em média são mais de 8 milhões de peças plásticas mensais entregues aos seus clientes. Destaca-se no mercado e por ter conquistado a participação de quase 50% do total de peças

plásticas injetadas do PIM e se tornou uma das empresas de ponta na fabricação e montagem de videogames de última geração. A empresa possui certificação NBR ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 18.001.

A unidade matriz, dedicada à injeção plástica ocupa um terreno próprio com mais de 80.000m². Ao todo são mais de 1.200 mil postos de trabalho diretos mantidos nas operações. Esta unidade da empresa trabalha: 144 horas por semana. O Porte da empresa é classificado como médio com receita operacional bruta anual maior que R\$ 16 milhões e menor ou igual a R\$ 90 milhões.

Os principais produtos fabricados, com a quantidade e capacidade mensal de produção estão expostos na Tabela 5.3 abaixo.

Tabela 5.3 – Principais produtos fabricados pela indústria de materiais plásticos participante do estudo

Descrição	1. Peças plásticas para motocicletas	2. Peças plásticas para eletroeletrônicos	3. Peças plásticas para condicionadores de ar
Quantidade mensal produzida	500 ton	700	300
Capacidade nominal de prod. mensal	700 ton	800	500
Peso por peça médio kg/peça	0,5	0,3	0,8

Fonte: Resultado da pesquisa

A instalação utiliza três tipos de matérias-primas nos processos produtivos, são a resina Polipropileno (PP), de material derivado do propeno, a Resina Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), constituída de acrilonitrila, butadieno e estireno e a Resina Poliestireno (OS), do tipo cristal ou standard (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 - Principais matérias-primas utilizadas no processo produtivo

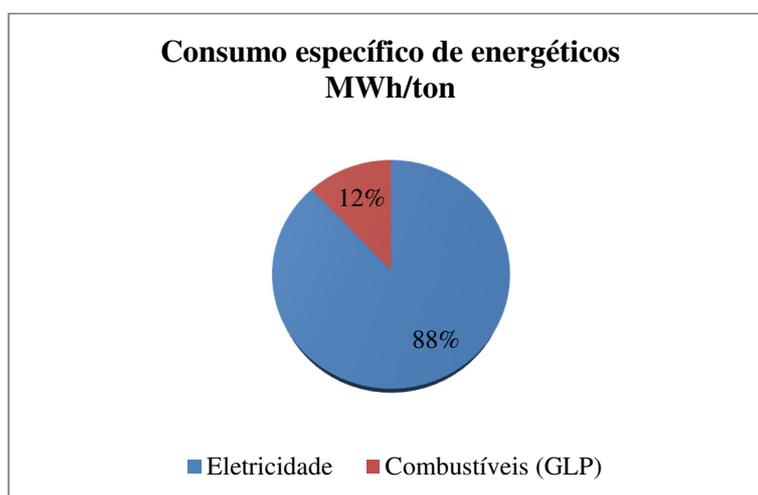
Descrição	Resina PP	Resina ABS	Resina PS
Quantidade mensal	500 ton	750 ton	350 ton

Fonte: Resultado da pesquisa

A empresa recentemente obteve atualizações tecnológicas com expansões de capacidade produtiva, modernizações consideráveis de sistemas produtivos ou utilidades (revamps) e ações localizadas com impactos sensíveis sobre o consumo de energéticos.

A matriz de suprimento energético da empresa incluí a eletricidade e o Gás Liquefeito do Petróleo (GLP), este último com consumo específico mensal de 0,341 MWh/ton. O consumo específico elétrico será calculado e discutido no Capítulo 7. A eletricidade representa 88% do consumo da energético da empresa, já o combustível GLP, 13% (Figura 5.10).

Figura 5.10 – Consumo específico de energéticos MWh/ton



Fonte: Resultado da pesquisa

A especificação dos principais processos de fabricação e produtos da Indústria estão descritos na Tabela 5.5:

Tabela 5.5 – Principais produtos e processos produtivos

Produtos	Principais Processos de Fabricação
Painéis Frontais e Traseiros de Gabinetes para televisores CRT, LCD, Plasma e LED	Injeção Termoplástica Convencional, Injeção <i>Steam Assisted</i> (uso de vapor) e <i>E-Mould</i> (uso de resistências elétricas). Pintura, <i>Silkscreen</i> , Tampografia e Submontages Eletromecânicas de Componentes.

Carcaças de Filtro de Ar, Carenagem, Peças Estéticas de Acabamento e Peças Técnicas para Motocicletas	Injeção Termoplástica Convencional, Coinjeção e Inserção de Componentes Metálicos.
Visores, Lentes, Carcaças, Lanternas e Peças Técnicas de Alta Precisão em geral	Injeção Termoplástica Convencional com Uso de Resinas Especiais e Contr. Dimensional e Balanceamento.
Painéis, Hélices Radiais e Axiais, Botões e Peças Técnicas Para Condicionadores de Ar Janela e <i>Split</i>	Injeção Termoplástica Convencional com Uso de Resinas Especiais e Controle Dimensional e de Balanceamento.
Placas de Circuito Eletrônico	Inserção Automática, Montagens, Testes.
Consoles de Videogames de Última Geração	Montagem, Teste Final, Embalagem e Entrega.

Fonte: Resultado da pesquisa

6. DIAGNÓSTICO DO USO DA ENERGIA ELÉTRICA E INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

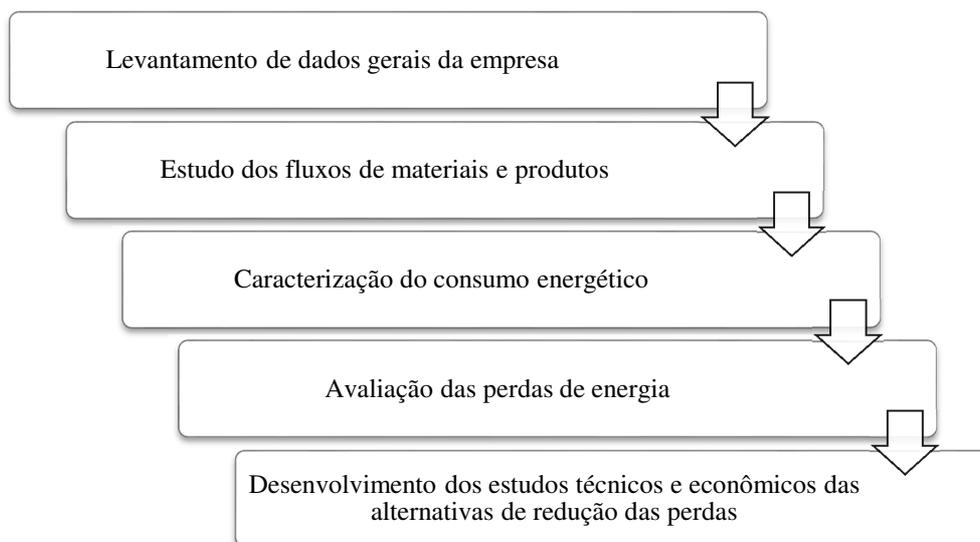
Este capítulo apresenta a metodologia e os materiais empregados no trabalho. Inicialmente se faz uma descrição de todos os elementos necessários para a concepção de um diagnóstico energético juntamente com indicadores relacionados à qualidade e a eficiência energética. Esta dissertação está vinculada ao projeto Prospecção de Potencial para Eficiência Energética (EFICIND), desenvolvido na Região Norte pelo Núcleo Interdisciplinar de Energia e Meio Ambiente (NIEMA).

6.1 AUDITORIA E DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Uma Auditoria Energética analisa os fluxos energéticos de um processo produtivo, identifica a quantidade de energia que é consumida, onde e quem está consumido energia, e como e com qual eficiência está sendo feito esse consumo. Após as análises, são feitas recomendações para melhorar a eficiência e a gestão da energia (MATHIAS, 2014).

Nesse sentido, a auditoria energética visa obter uma abordagem geral dos sistemas, visando promover a eficiência em bases técnico-econômicas. Considerando esse conceito, a sequência de atividades apresentada na Figura 6.1 pode ser adotada para o desenvolvimento de uma auditoria energética.

Figura 6.1 - Etapas para a realização de uma auditoria energética



Fonte: MARQUES *et. al*, 2006.

Como resultado destas atividades deve ser preparado o relatório da auditoria energética. Este documento sintetiza o trabalho de levantamento empreendido e deve apresentar, de forma clara, as recomendações e conclusões. A Figura 6.2 abaixo apresenta um possível conteúdo de um relatório de auditoria energética.

Figura 6.2 - Conteúdo típico de um relatório de auditoria energética

Relatório de Auditoria Energética	
1 - Resumo Executivo	
2 - Empresa	(localização, indicadores, descrição básica dos processos)
3 - Estudos energéticos	(diagramas, características, estudo das perdas)
3.1 - Sistemas Elétricos	
a) Levantamento da carga elétrica instalada	
b) Análise das condições de suprimento	(qualidade do suprimento, harmônicas, fator de potência, sistema de transformação)
c) Estudo do Sistema de Distribuição de energia elétrica	(desequilíbrios de corrente, variações de tensão, estado das conexões elétricas)
d) Estudo do Sistema de Iluminação:	(luminometria, análise de sistemas de iluminação, condições de manutenção)
e) Estudo de Motores Elétricos e outros Usos Finais	(estudo dos níveis de carregamento e desempenho, condições de manutenção)
3.2 - Sistemas Térmicos e Mecânicos	
a) Estudo do Sistema de ar condicionado e exaustão	(sistema frigorífico, níveis de temperatura medidos e de projeto, distribuição de ar)
b) Estudo do Sistema de geração e distribuição de vapor	(desempenho da caldeira, perdas térmicas, condições de manutenção e isolamento)
c) Estudo do Sistema de bombeamento e tratamento de água	
d) Estudo do Sistema de compressão e distribuição de ar comprimido	
3.3 - Balanços energéticos	
4 - Análises de Racionalização de Energia	(estudos técnico-econômicos das alterações operacionais e de projeto, como por exemplo, da viabilidade econômica da implantação de sistemas de alto rendimento para acionamento e iluminação, viabilidade econômica da implantação de sensores de presença associados a sistemas de iluminação, análise do uso de iluminação natural, análise de sistemas com uso de termoacumulação para ar condicionado, viabilidade econômica da implantação de controladores de velocidade de motores, análise da implantação de sistemas de cogeração)
5 - Diagramas de <i>Sankey</i> atual e prospectivos	
6 - Recomendações	
7 - Conclusões	
8 - Anexos	(figuras, esquemas, tabelas de dados)

Fonte: MARQUES *et al.*, 2006.

Observa-se, através das informações solicitadas no relatório de auditoria, que apenas uma parte dos dados solicitados no relatório está imediatamente disponível para o auditor. Diversas informações devem resultar de medidas em campo, consultas a fabricantes e entrevistas com os responsáveis pela empresa.

O método de Diagnóstico Energético visa estudar as unidades consumidoras industriais e comerciais, essencialmente levantando o perfil de consumo por uso final e comparando com uma amostra dos principais setores produtivos. Eventualmente, requer algum levantamento de dados em campo que permite identificar qualitativamente os pontos críticos e indicar necessidades de atuação em equipamentos específicos, através de relatórios padronizados. Um diagnóstico energético não trata com detalhe os aspectos econômicos e aborda, essencialmente, a eletricidade (VIANA *et al.*, 2012).

O início ordenado e a continuidade de um programa de eficiência energética seguem através das respostas às seguintes questões:

Quanta energia está sendo consumida?

Quem está consumindo energia?

Como se está consumindo energia, com qual eficiência?

É importante salientar que essas estimativas não conduzem imediatamente à racionalização do uso da energia, porém são o primeiro e decisivo passo para esta direção. Nesse momento seria fundamental a adesão a um Programa de Eficiência Energética que visasse à melhoria da eficiência de equipamentos, processos e usos finais de energia. Com clara definição de metas, recursos físicos e humanos, e programas de gerenciamento energético no âmbito corporativo.

6.2 GESTÃO ENERGÉTICA INDUSTRIAL

De acordo com Mathias (2013), para se obter um sistema de gestão da energia é necessário: (i) conscientizar, obter o apoio e a aprovação da liderança que detém o poder na organização; (ii) formar essa estrutura gerencial; (iii) consolidar uma política energética; e (iv) elaborar um planejamento energético, indicando as metas, prioridades, recursos humanos e materiais para a execução das ações de gestão da energia, de forma a contribuir com o

planejamento estratégico da empresa e a melhoria contínua dos processos visando o desenvolvimento sustentável

A necessidade de energia elétrica na indústria é inquestionável, daí a importância de se constituir uma equipe multidisciplinar que seja responsável pela gestão da energia, com provimento de treinamentos gerais e específicos para os técnicos envolvidos com os equipamentos de elevado consumo. Além disso, a gestão da energia se tornou um requisito estabelecido na Norma ISO 50.001, publicada pela Organização Internacional para Padronização (ISO) e, no Brasil, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2011.

A Norma aponta os requisitos para o estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão da energia, cujo propósito é habilitar uma organização seguindo uma abordagem sistemática para atendimento da melhoria contínua de seu desempenho energético, incluindo eficiência energética, uso e consumo de energia.

Para o sucesso de um Programa de Gestão Energética, o mesmo precisa ter engajamento da direção superior da empresa e de todo o seu grupo funcional. Precisa haver objetivos que a empresa irá buscar cumprir e, assim, a resistência inicial ao programa pode ser vencida. As metas para se atingir tais objetivos, devem ser realistas e podem ser definidas com base em *benchmarks* disponíveis, na forma de históricos da própria empresa ou planta, ou de outras que tenham semelhanças, ou, ainda, arbitrariamente (SILVA, 2013).

6.3 INDICADORES RELACIONADOS À QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

A verificação das grandezas elétricas que impactam na qualidade da energia surge, de forma em geral, como custo efetivo para a redução no consumo de energia e elevação dos índices de eficiência energética.

Elaborado pela ANEEL, os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica. O Módulo 8, refere-se à Qualidade da Energia Elétrica e estabelece os procedimentos a ela relacionados, abordando a qualidade do produto e a qualidade do serviço

prestado. Os aspectos considerados da qualidade do produto em regime permanente ou transitório são:

- I - Tensão em regime permanente;
- II - Fator de potência;
- III - Harmônicos;
- IV - Desequilíbrio de tensão;
- V - Flutuação de tensão;
- VI - Variações de tensão de curta duração;
- VII - Variação de frequência.

Em conformidade com o Módulo 8 do PRODIST, para concepção deste trabalho, é importante alistar e compreender os parâmetros relacionados à eficiência energética a serem avaliados no âmbito da pesquisa, tais como o desequilíbrio de tensão, fator de potência, variação de frequência e harmônicos.

6.3.1 DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

O distúrbio conhecido como desequilíbrio de tensão, ocorre nos sistemas trifásicos e podem ser definidos de várias maneiras. A mais simples é a variação máxima que é permitida com relação ao valor médio da tensão em cada uma das fases, ou defasagem angular entre as fases diferentes de 120 graus. A presença de cargas trifásicas desequilibradas conectadas a um sistema trifásico causa um desequilíbrio de tensão, uma vez que as correntes absorvidas nas três fases não são simétricas, isto é, não são iguais em módulo nem, tão pouco, defasadas de 120 graus.

O Prodinst Módulo 8 (2015) define o “desequilíbrio de tensão” matematicamente como a relação da tensão de sequência negativa e da tensão de sequência positiva no Ponto de Acoplamento Comum entre a concessionária e o consumidor (PAC).

De acordo com Paulilo (2013), esta definição está baseada no fato de que um conjunto trifásico de tensões equilibradas possui apenas componentes de sequência positiva. O surgimento, por alguma razão, de componentes de sequência zero, provoca apenas a assimetria das tensões de fase. As tensões de linha, cujas componentes de sequência zero são

sempre nulas, permanecem equilibradas. Entretanto, a presença de componentes de sequência negativa também introduz uma assimetria nas tensões de linha.

O PRODIST também estabelece os limites adequados, precários e críticos para os níveis de tensão em regime permanente (Tabela 6.1), baseando-se no afastamento do valor da tensão de leitura em relação à tensão de referência, ainda institui os indicadores individuais e coletivos de conformidade de tensão elétrica, os critérios de medição, de registro e dos prazos para compensação ao consumidor, caso as medições de tensão excedam os limites dos indicadores.

Tabela 6.1 - Faixa de classificações de tensões em regime permanente

Pontos de Conexão	Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de variação da Tensão de Leitura (Volts)
Tensão nominal igual ou inferior a 1kV (200/127)	Adequada	$(201 \leq TL \leq 231) / (116 \leq TL \leq 133)$
	Precária	$(189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233) / (109 \leq TL < 116$ ou $133 < TL \leq 140)$
	Crítica	$(TL < 189$ ou $TL > 233) / (TL < 109$ ou $TL > 140)$
Tensão nominal igual ou inferior a 1kV (380/220)	Adequada	$(348 \leq TL \leq 396) / (201 \leq TL \leq 231)$
	Precária	$(327 \leq TL < 348$ ou $396 < TL \leq 403) / (189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233)$
	Crítica	$(TL < 327$ ou $TL > 403) / (TL < 189$ ou $TL > 233)$

Fonte: PRODIST, 2015.

A Tabela 6.2 fornece as principais causas relacionadas ao desequilíbrio de tensão, seus efeitos na rede elétrica e as soluções que podem ser adotadas.

Tabela 6.2 - Desequilíbrio de tensão

Principais causas	Efeitos	Soluções
Cargas monofásicas distribuídas não linearmente;	Sobreaquecimento das linhas e equipamentos;	Readequação das cargas monofásicas entre as fases;
Conexões com alta impedância;	Mal funcionamento de dispositivos de proteção;	Consideração do limite igual ou inferior a 2% dos desequilíbrios de tensão;
Motores mal reparados;	Redução da vida útil dos equipamentos;	Manutenção preventiva dos equipamentos;
Curto-circuito entre espiras em transformadores ou em geradores;	Geração de harmônicas de 3ª. Ordem e suas múltiplas nos retificadores;	Análise de sensibilidade para indicar os graus de influência dos parâmetros da rede sobre o desequilíbrio;
Defeitos em dispositivos de acionamentos;	Alterações nas características térmicas, elétricas e mecânicas	Monitoramento através de sistemas

transmissão; Bancos de capacitores desbalanceados.	dos motores de indução; Sobretensão, sobrecorrente e vibração em máquinas; Surgimento de sequencias negativa e zero.	de medição.
---	--	-------------

Fonte: Adaptado de MARTINHO (2009); PAULILO (2003) e GARCIA (2007).

A inserção de cargas monofásicas mal distribuídas gera correntes desbalanceadas nos sistemas e consequentes desequilíbrios nos sistemas das concessionárias de distribuição de energia. Martinho (2009) sugere que outras situações podem ser a causa de desequilíbrios nos circuitos tais como, conexões frouxas e maus contatos, motores com curtos-circuitos nos enrolamentos e correção do fator de potência inadequado devido a inserção de reativos desequilibrados.

Os efeitos provocados pelo desequilíbrio de tensão são variados, e a principal consequência é o aumento das perdas elétricas caracterizando desperdício de energia. As consequências são o aquecimento de motores e condutores, redução da vida útil de equipamentos, riscos de incêndios, ocasionando queima de fusíveis e falta em fases de tensão. É importante destacar que essas implicações em um ambiente industrial podem causar a parada de máquinas, do ponto de vista financeiro, isso gera grandes prejuízos econômicos e afeta também gestão do planejamento e os índices de produtividades.

A manutenção de equipamentos é um meio de prevenir os desequilíbrios de tensão. Por esse motivo é importante se fazer, com atenção, a distribuição de cargas monofásicas nas fases do sistema.

6.3.2 VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA

De acordo com Martinho (2009), a variação da frequência pode ser definida como um desvio no valor da frequência fundamental, que pode ser 50 ou 60 Hz (no Brasil 60 Hz), tem origem normalmente na geração da energia elétrica ou por falhas nos controladores de velocidade dos geradores, o reparo pode ser um grande desafio para quem encontra esse distúrbio. A variação da frequência pode afetar de forma significativa equipamentos que sejam sensíveis e utilizam a frequência para seu sincronismo.

A regulamentação estabelece para a variação que seja no máximo 0,5 Hz em relação aos 60 Hz de frequência designada para o Brasil. Em grandes sistemas interligados, as variações de frequência são muito pequenas e normalmente não afetam o funcionamento de equipamentos, porém o grande desafio não está nos sistemas das concessionárias, mas nos sistemas isolados, ou de geração própria, onde a regulamentação não pode fiscalizar. Estas localidades utilizam sistemas de geração (geradores a diesel, por exemplo) que são mais suscetíveis a variações de frequência. Nesse caso, o auxílio da automação na correção de velocidade pode manter a frequência dentro do parâmetro nominal regulamentado.

6.3.3 FATOR DE POTÊNCIA

ANEEL (2012) define o fator de potência como razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados da energia elétrica ativa e reativa, consumidas em um mesmo período especificado. O fator de potência mede o quanto efetivamente a energia elétrica está sendo usada. Um alto fator de potência significa uma utilização eficiente de energia elétrica, enquanto um baixo fator de potência indica má utilização de energia elétrica.

Para determinar o fator de potência (PF), pode-se dividir potência ativa (kW) pela potência aparente (kVA). Em um sistema linear ou sinusoidal, o resultado é também referido como o cosseno de φ , conforme a Equação 6.1

$$FP = \frac{kW}{kVA} = \cos\varphi \quad (6.1)$$

O PRODIST (2015) estabelece que, para unidade consumidora ou conexão entre distribuidoras com tensão inferior a 230 kV, o fator de potência no ponto de conexão deve estar compreendido entre 0,92 (noventa e dois centésimos) e 1,00 (um) indutivo ou 1,00 (um) e 0,92 (noventa e dois centésimos) capacitivo, de acordo com regulamentação vigente. O excedente reativo é passível de multa, sendo calculado com o auxílio de equações definidas em regulamento específico da ANEEL. Desta forma, torna-se indispensável o monitoramento e o controle do fator de potência.

A ABINEE (2015) observou uma tendência mundial na busca a excelência do consumo de energia elétrica. A melhoria do fator de potência é um dos meios mais diretos

para essa busca da excelência, tendo em vista que vários países já estão atuando neste sentido, estabelecendo limites de fator de potências mais elevados.

As principais causas atribuídas ao baixo fator de potência são a utilização de motores e transformadores operando em vazio ou com cargas pequenas, nível de tensão acima do valor nominal, provocando o aumento da energia reativa, máquinas elétricas superdimensionadas, lâmpadas de descarga fluorescentes e vapor de mercúrio e sódio sem reatores de correção de fator de potência. A Tabela 6.3 fornece as principais causas, consequência e soluções para o baixo fator de potência.

Tabela 6.3 - Baixo fator de potência

Principais causas	Efeitos	Soluções
Nível de tensão da instalação acima da nominal;	Sobrecargas na rede elétrica;	Instalação de banco de capacitores estáticos ou automáticos;
Motores e transformadores operando em vazio;	Aquecimento de condutores e perdas de energia dentro da instalação;	Utilização de motores síncronos;
Máquinas elétricas superdimensionadas	Comprometimento da capacidade dos transformadores;	Aumento do consumo de energia ativa;
Lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, fluorescentes, etc.), sem a correção individual do FP;	Redução nos níveis de tensão que, por sua vez, podem ocasionar a queima de motores;	Verificação do nível de tensão da instalação;
Grande quantidade de motores de pequena potência;	Diminuição da vida útil da instalação;	Dimensionar os motores levando em conta um fator de carga adequado;
Sobrecargas nos motores, transformadores e circuitos de alimentação.	Multa por excedentes de reativos.	Dimensionamento correto de transformadores e outros equipamentos.

Fonte: Adaptado de VIANA, (2012); MARTINHO, (2009).

Um baixo fator de potência mostra que a energia está sendo mal aproveitada. Além do custo adicional da energia (pagamento de demanda reativa excedente), existe a elevação das perdas do sistema elétrico, degradação da qualidade de energia e comprometimento da capacidade dos sistemas. Para melhorar o fator de potência utilizam-se banco de capacitores, o que, no entanto, não elimina os problemas internos da instalação. Portanto, torna-se necessário o monitoramento e dimensionamento correto dos equipamentos elétricos.

6.3.4 DISTORÇÕES HARMÔNICAS

O termo harmônica é usado para representar a distorção de uma forma de onda senoidal. Isto é, uma senóide com frequência fundamental de 60 Hz. Se for distorcida ou descaracterizada, pode conter componentes harmônicas. As correntes harmônicas são geradas pelas cargas não lineares conectadas na rede, gerando tensões harmônicas através das impedâncias conectadas. Dessa forma, as harmônicas circulam nas redes deformando a tensão de alimentação, deteriorando a qualidade da energia e originando prejuízos na rede elétrica.

A deformação do sinal senoidal pode ocorrer tanto no sinal de corrente como no sinal de tensão, portanto são tratados como tais, ou seja, harmônica de corrente (THDi) e harmônica de tensão (THDv).

Os sinais harmônicos são classificados quanto à sua ordem, frequência e sequência. Em uma situação ideal, onde somente existisse um sinal de frequência 60 Hz, apenas existiria a harmônica de ordem 1, chamada de fundamental. A sequência pode ser positiva, negativa e ou nula (zero). A harmônica de sequência positiva provoca aquecimento indesejado em condutores, motores e transformadores, a harmônica de sequência negativa pode frear motores e também causar aquecimento indesejado, a de sequência nula, por sua vez, pode provocar o aparecimento de corrente de terceira ordem em condutores neutros, ocasionando aquecimento excessivo e destruição de banco de capacitores (PROCOBE, 2001).

Na atualidade, as distorções harmônicas ocorrem nos sistemas de energia devido ao uso de equipamentos com características não lineares, tais como transformadores, máquinas rotativas elétricas, dispositivos *FACTS*, ou seja, elementos da eletrônica de potência (por exemplo, retificadores, triacs, tiristores e diodos com suavização de capacitores, esses componentes são amplamente utilizados em computadores e equipamentos de áudio e vídeo), além de lâmpadas fluorescentes compactas, fornos de indução, fornos de arco e ferramentas de solda (MASOUM e FUCHS, 2015).

O indicador essencial é o THD (*Total Harmonic Distortion*) que traduz através de uma só grandeza a deformação da onda em tensão ou em corrente. A Norma do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) número 519 de 1992 (*Harmonic in Power System*) estabelece limites para distorção harmônica de corrente e tensão em circuitos

elétricos, determinando os valores aceitáveis do indicador THD. O THD em tensão caracteriza a deformação da onda de tensão.

Um valor de THDv inferior à 5% é considerado como normal, um valor de THDv compreendido entre 5% e 8% revela uma poluição harmônica significativa e um valor de THDv superior a 8% revela poluição harmônica considerável, portanto uma análise aprofundada e a instalação de dispositivos de atenuação são necessários.

O THD em corrente caracteriza a deformação de onda de corrente. Um valor de THDi inferior a 10% é considerado como normal, um valor de THDi compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa, com risco de aquecimento de condutores, e, um valor de THDi superior a 50% revela uma poluição harmônica considerável, por conseguinte, uma verificação aprofundada e instalações de dispositivos de atenuação são indispensáveis. A Tabela 6.4 fornece as principais causas relacionadas à geração de distorções harmônicas, seus efeitos na rede elétrica e as soluções.

Tabela 6.4 - Distorções harmônicas

Principais causas	Efeitos	Soluções
Conversores não lineares da eletrônica de potência;	Mau funcionamento de dispositivos de controle e proteção;	Filtros passivos de harmônicos conectados em derivação com o alimentador;
Uso de fornos a arco e compensadores reativos controlados por tiristores;	Perdas adicionais em condutores, capacitores, transformadores e máquinas rotativas;	Filtros ativos (ou compensador ativo);
Cargas geradoras de harmônicas como retificador carregador, variador de velocidade e fonte de alimentação monofásica;	Ruído adicional em motores e outros aparelhos;	Filtro híbrido;
Refritadores com filtro capacitivo;	Interferência telefônica, originando frequências de ressonâncias em série e paralelo;	Utilização de indutância em série entre a fonte de energia e a carga poluidora;
Chaveamento de corrente em conversores eletrônicos, pontes retificadoras e compensadores estáticos.	Perdas no núcleo dos transformadores (por histerese e correntes parasitas);	Adoção de dispositivos de energia personalizados, como condicionadores de linha de energia ativa e unificada;
	Aumento da queda de tensão e baixo fator de potência;	Utilização de transformador de separação para as 3 ^a , 5.e 7 ^a harmônicas e suas múltiplas.
	Redução na eficiência de geração, transmissão e utilização da energia elétrica.	

Fonte: Adaptado de (MASOUM e FUCHS, 2015);(PROCOBE, 2001); (BENEVALDO *et. al*, (2013).

6.4 INDICADORES RELACIONADOS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A utilização de indicadores voltados para a análise da eficiência energética vem crescendo no país, uma vez que as implicações desses indicadores estão ligadas diretamente a ações voltadas para o planejamento energético e projeções de consumo de energia. Os resultados podem impactar diretamente nos processos produtivos, auxiliando na tomada de decisão no caso de substituição de processos produtivos, e até mesmo na alteração no uso de matérias-primas por conta de metas ambientais, produtivas ou econômicas.

6.4.1 CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

A análise do consumo de energia (kWh) ou da carga instalada (kW) em relação ao produto gerado ou serviço prestado, determina o Consumo Específico de Energia (CE). Com esse indicador de desempenho é possível comparar os padrões estabelecidos no país e no exterior, verificando os possíveis potenciais de economia de energia elétrica. Para o cálculo do consumo específico de energia, faz-se (Equação 6.2):

$$CE = \frac{\text{Consumo de energia } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{mês}}\right)}{\text{Produção}} \quad (6.2)$$

6.4.2 FATOR DE CARGA DA INSTALAÇÃO

A ANEEL (2012) determina que o fator de carga é fornecido pela razão entre a demanda média e a demanda máxima de uma unidade consumidora, ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado. Este fator varia entre 0 (zero) e 1 (um) e deve, sempre que possível, ficar próximo da unidade, indicando que a utilização da energia elétrica é eficiente.

Para se avaliar o potencial de economia de energia, deve-se observar o comportamento do fator de carga nos segmentos horo-sazonais e identificar os meses em que este fator apresentou seu valor máximo. De acordo com Viana *et al.* (2012), para cada período (ponta ou fora de ponta) existe um fator de carga diferente. O fator de carga (FC) pode ser calculado pela Equação 6.3:

$$FC = \frac{CA}{DR \times h} \quad (6.3)$$

Sendo,

FC – Fator de carga do mês na ponta e fora de ponta;

CA – Consumo de energia (kWh) no mês na ponta e fora de ponta;

h – Número médio de horas no mês, sendo geralmente 730 horas para tarifa convencional, 66 horas para a ponta e 664 horas para o período fora de ponta.

DR – Demanda máxima de potência (kW), e, para o caso da tarifa horo-sazonal, demanda registrada máxima de potência no mês na ponta ou fora de ponta.

O Fator de carga (FC) para tarifa Convencional é dado pela Equação 6.4:

$$FC = \frac{CA}{DR \times 730} \quad (6.4)$$

Na modalidade de tarifa horo-sazonal azul, deve-se considerar, além do consumo na ponta (CA_P) e fora da ponta (CA_{FP}), a demanda registrada na ponta (DR_P) e fora da ponta (DR_{FP}).

O fator de carga para tarifa horo-sazonal Azul no horário de ponta (FC_P) é obtido pela Equação 6.5:

$$FC_P = \frac{CA_P}{DR_P \times 66} \quad (6.5)$$

Logo, o fator de carga para tarifa horo-sazonal Azul no horário de fora de ponta (FC_{FP}) é dado pela Equação (6.6):

$$FC_{FP} = \frac{CA_{FP}}{DR_{FP} \times 664} \quad (6.6)$$

6.4.3 CUSTO MÉDIO DA ENERGIA

O custo médio de energia elétrica depende grandemente da forma como ela é utilizada. Se estiver sendo usada eficientemente, seu custo médio é menor e, ao contrário, se o uso não é eficiente. O custo médio de energia (CM_E), é fornecido pela Equação 6.7:

$$CM_E = \frac{\text{Custo Total da Fatura (R\$)}}{\text{Consumo de Energia no Mês (kWh)}} \quad (6.7)$$

6.5 ESTUDOS DE PROSPECÇÃO DE POTENCIAL PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (EFICIND)

Na elaboração do Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) foram consultados diversos estudos recentes sobre potenciais de conservação de energia, mas que ainda não propiciaram uma visão suficientemente abrangente sobre os impactos associados à penetração de diversas tecnologias e processos eficientes com boas perspectivas de sucesso futuro. Também não foram possíveis, por falta de informações, desagregá-las por segmentos e regiões, em especial no estado do Amazonas, onde o perfil de consumo do setor industrial se diferencia dos demais estados da Região Norte devido a significativa participação das indústrias do Polo Industrial de Manaus (PIM).

O estado do Amazonas também não possui uma matriz de pesquisa energética e, conseqüentemente, um balanço energético para estabelecer um cenário de consumo desse setor, carecendo também de estudos mais abrangentes da eficiência energética no estado.

O Ministério das Minas e Energia (MME) é o responsável pela coordenação de planos de ações e estratégias para implantação de políticas que visam aumentar os investimentos em medidas de eficiência energética, energias alternativas e desenvolvimento sustentável. O MME, através do Fundo Setorial de Energia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT-Energ/MCTI), apresentou uma demanda de investimento em pesquisa para levantar e estudar o potencial de eficiência energética no Brasil. Para isso, foram identificados grupos de pesquisadores em universidades brasileiras, com experiência em estudos nessa linha de atuação, para desenvolver um projeto denominado Estudos de Prospecção de Potencial para Eficiência Energética (EFICIND).

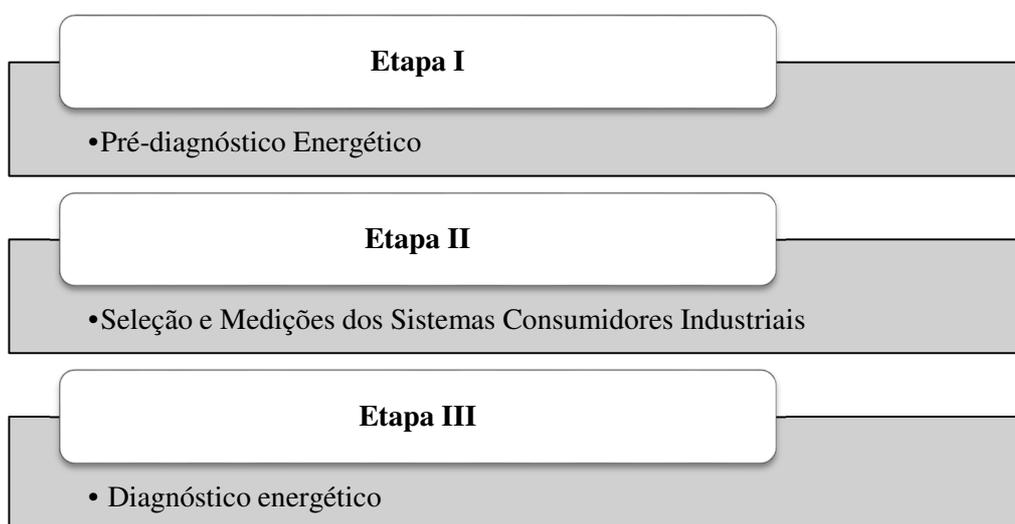
O Projeto EFICIND baseou-se no cenário de oportunidades do uso eficiente da energia nos setores industrial e de serviços. Onde o contexto elétrico atual apresenta: incertezas no atendimento de demandas crescentes por energéticos, estes com preços cada vez mais elevados; obrigações perante as mudanças climáticas; e setor industrial brasileiro com grandes potenciais de eficiência energética.

O projeto EFICIND visava à estimativa dos potenciais de eficiência energética dos setores industrial e também de serviços, identificando as barreiras institucionais e tecnológicas existentes para sua consecução. Para os segmentos selecionados, têm-se extensas metas que visam à realização das estimativas de potenciais futuros de eficiência

energética, estas, são dadas pelo desenvolvimento de projeções de demanda de energia, com a construção de cenários alternativos com tecnologias e processos atuais e potencialmente emergentes (EFICIND, 2013).

A metodologia realizada nesta dissertação encontra-se no âmbito das metas do Projeto EFICIND e possuiu o apoio dos pesquisadores envolvidos. As etapas deste trabalho (Figura 6.3) iniciaram com um Pré-diagnóstico Energético, este teve como ferramenta *questionários online* e levantamentos de campo nas indústrias selecionadas. A segunda etapa compreendeu a Seleção e Medição dos Sistemas Consumidores Industriais, posteriormente foi feito um diagnóstico energético, que avaliou as perdas e potenciais de racionalização de energia.

Figura 6.3 - Etapas do trabalho



Fonte: Elaboração própria

6.5.1 ETAPA I: PRÉ-DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O uso eficiente de energia se dá de diferentes formas e com diversas ferramentas e conhecimentos que podem facilitar a conquista dos resultados objetivados. O *Scorecard* é um tipo de modelo que efetua uma pré-análise dos sistemas a que se referem. O *Scorecard* foi desenvolvido pelo *U. S. Department of Energy* (DOE), funciona através de um molde de questionário *online* gratuito que visa caracterizar as condições de economia de energia em sistemas consumidores de energia nos estabelecimentos.

Os *scorecards* podem estimar os potenciais técnicos de eficiência energética. Estes potenciais correspondem às economias de energia possíveis de serem alcançadas com as melhores tecnologias atualmente disponíveis (*Best Available Technologies ou BAT*), porém sem considerar os aspectos econômicos.

Segundo Silva (2013), nesse modelo as perguntas são qualitativas e de múltipla escolha e os resultados fornecidos são uma pontuação (*score*) para o sistema analisado quanto aos potenciais de racionalização do consumo de energia (quanto maior significa mais eficiente, ou com menor potencial de racionalização do consumo de energia) e uma série de recomendações para os próximos passos da análise energética mais criteriosa.

A ferramenta inicial de análise utilizada na Etapa I: Pré-diagnóstico energético, foi um questionário *online*, baseado no modelo *Scorecard*, desenvolvido pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

O questionário possui na sua estrutura perguntas referentes às características básicas da instalação avaliada, horários de funcionamento, principais matérias-primas utilizadas e produtos, gestão da eficiência energética e caracterização energética quanto aos sistemas consumidores de energia (força motriz, calor de processo, aquecimento direto, ventilação, entre outros) sendo possível realizar um pré-diagnóstico energético da instalação.

Foram disponibilizadas as indústrias selecionadas *senhas e logins* de acesso ao questionário *online*. As informações fornecidas ao questionário permitiram definir o perfil energético da empresa e oportunidades de ganhos de eficiência energética, os dados são armazenados em um banco de dados do projeto para a análise e diagnóstico energético. A estrutura do questionário consta na Figura 6.4 abaixo:

Figura 6.4 – Questionário para a indústria

QUESTIONÁRIO PARA A INDÚSTRIA	
1	Identificação da instalação
2	Horários de funcionamento da instalação
3	Principais produtos e matérias-primas da empresa
4	Energéticos – contratos e totais da empresa
5	Sistemas consumidores de energia utilizados na instalação
5.1	Força motriz

5.2	Calor de processo (vapor e/ou fluido térmico)
5.3	Aquecimento direto
5.4	Secadores e estufas
5.5	Refrigeração
5.6	Resfriamento
5.7	Ar condicionado
5.8	Iluminação
5.9	Ar comprimido
5.10	Sistemas de compressão
5.11	Sistemas de bombeamento
5.12	Sistemas de ventilação, exaustão e soprimento
5.13	Sistemas de vácuo
5.14	Eletroquímica
5.15	Outros usos
6	Gestão e eficiência energética na empresa

Fonte: Questionário para a indústria (Disponível em: <http://www.nipe.unicamp.br/eficind/industria/>).

As informações dos pré-diagnósticos energéticos, após analisadas e corrigidas, foram tratadas em uma planilha MSEXcel com lógica matemática e macro embutidas para a geração de análises padronizadas. Indicadores, tais como consumo específico de energia, balanços de massa e de energia das instalações, foram tratados e gerados relatórios para equipe EFICIND e para as empresas.

Após a conclusão do questionário *online*, foi realizado um levantamento de campo para inspeção das informações fornecidas junto às indústrias. Nesta inspeção, foram realizadas visitas às três instalações industriais selecionadas a partir do conjunto de empresas que aderiram ao projeto, com o objetivo de detalhar e validar as informações quantitativas e qualitativas preliminares que haviam sido informadas na 1ª etapa.

O critério para escolha das empresas justificou-se pela representatividade do segmento, além dos resultados da avaliação crítica do pré-diagnóstico *online* nas empresas que poderiam contribuir significativamente na elaboração das estimativas de potenciais de conservação de energia em nível nacional (SOUZA *et. al*, 2015).

É importante destacar que o levantamento de campo no ambiente industrial é fundamental nesse tipo de avaliação, visto que em alguns casos, as respostas fornecidas nos

questionários podem não estar condizentes com a realidade da empresa. Portanto, o sucesso técnico do Pré-diagnóstico Energético está condicionado a uma real e eficiente vistoria técnica realizada pelos membros do projeto.

Mediante agendamento prévio, as visitas às indústrias foram realizadas no período compreendido entre maio de 2014 e abril de 2015. Para análise e caracterização industrial foram solicitados dados técnicos da planta como, o diagrama unifilar, plantas baixas das instalações elétricas, espelho das doze últimas faturas de energia elétrica e especificação dos principais equipamentos. Além disso, foram solicitados os dados de produção da planta, tais como produção anual e custos dos energéticos utilizados, complementado pela realização de visita aos processos de produção.

O nivelamento das informações fornecidas aconteceu através de reuniões com a direção técnica das unidades, onde foram compartilhadas as informações coletadas e esclarecidos os dados do questionário que necessitavam de maior atenção. Nessas reuniões também foi possível detalhar os objetivos do projeto, enaltecendo a importância do consumo eficiente da energia, o processo do diagnóstico proposto para avaliação da eficiência energética e a consolidação da agenda de medições elétricas.

Nessas visitas foram determinados os sistemas consumidores e equipamentos com potencial de redução do consumo energético contemplados na Etapa II: Seleção e Medição dos Sistemas Consumidores Industriais.

6.5.2 ETAPA II: SELEÇÃO E MEDIÇÃO DOS SISTEMAS CONSUMIDORES INDUSTRIAIS

Os sistemas consumidores de energia que apresentaram significativo consumo dentro da empresa, grande potencial de conservação de energia e/ou necessitavam de melhorias em termos de eficiência, foram avaliados e escolhidos para análise no projeto. Um dos parâmetros utilizados para a seleção dos pontos a serem analisados foram os *scores* obtidos nas planilhas de tratamento de dados. Quando os sistemas consumidores apresentavam baixos *scores*, o potencial de racionalização do consumo de energia se apresentava maior.

Nas medições das grandezas elétricas dos Sistemas Consumidores Industriais foram obtidas as condições nominais e operativas dos equipamentos e sistemas selecionados. O objetivo desta etapa foi caracterizar e avaliar o consumo de energia elétrica em face dos parâmetros e distúrbios de energia abordados no Item 6.3.

O instrumento de medição utilizado nessa etapa foi o analisador de energia elétrica, esse equipamento eletrônico é capaz de gravar em sua memória as grandezas elétricas por um período de tempo, para que possam ser avaliadas posteriormente. Os analisadores foram instalados em pontos específicos de grande consumo de cada planta industrial selecionada. Foram utilizados dois analisadores nas medições, o POWER PAD da AEMC (Figura 6.5) e o SMART P600 da IMS (Figura 6.6), embora sejam utilizados equipamentos de marcas distintas, tanto os *hardwares* como os *softwares* são semelhantes quanto às análises realizadas e os resultados obtidos.

Figura 6.5 - Analisador de energia *Power Pad* da AEMC



Fonte: AEMC, 2015.

Figura 6.6 - Analisador de energia *SMART P600* da IMS



Fonte: IMS, 2015.

Desenvolvido para medição e análise das grandezas elétricas em sistemas de distribuição de energia visando o monitoramento da qualidade da energia elétrica, os

equipamentos utilizados atendem aos padrões solicitados pelo PRODIST (Modulo 8) da ANEEL.

Os equipamentos permitem realizar estudos de eficiência energética, levantamento de curva de cargas, balanceamento de redes, verificação de distúrbios de tensão e corrente, dimensionamento de banco de capacitores, filtros de harmônicas, medição setorial e diagnóstico de sistema de potência. Outra vantagem dos medidores é que os arquivos de leitura podem ser convertidos em planilhas do tipo *MS Excel*, o que facilita a geração de gráficos e o manuseio dos dados coletados.

Os aparelhos permitiram registrar por um período de 24 horas e em intervalos de até 5 minutos, sem a necessidade de interrupção do circuito, pois os medidores possuem sensores tipo alicate.

A Equipe do Projeto avaliou que esses parâmetros de medições se mostraram suficientes para o objetivo da pesquisa visto que, concentrou-se em avaliar como a energia estava sendo consumida e o padrão de eficiência em termos das grandezas elétricas obtidas. Devido à disponibilidade dos aparelhos, as medições foram executadas em dois pontos distintos por dia, em dias alternados.

Através das medições foi possível determinar e analisar as seguintes grandezas elétricas; tensão elétrica (V); corrente (A); potência ativa (W) e aparente (VA); fator de potência ($\cos \phi$); frequência (Hz) e harmônicas até a 7ª. ordem em pontos específicos.

6.5.3 ETAPA III: DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Na terceira etapa deste trabalho foi realizado o diagnóstico energético dos sistemas consumidores avaliados. Com o auxílio do pré-diagnóstico energético e dos dados levantados em campo pode-se obter a avaliação das faturas de energia elétrica, o consumo específico de energia elétrica, comparando-o com dados nacionais e internacionais, o fator de carga das instalações, o custo médio da energia e os *scorecards*.

Com os resultados das medições foi possível obter o diagnóstico das perdas de energia, através das grandezas elétricas aferidas. Finalmente, foram estabelecidas recomendações para o bom uso da energia e sugestões para concreta gestão da energia nas indústrias.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na pesquisa, e as prospecções elaboradas neste item foram embasadas nas informações obtidas nos questionários *online*, planilhas de tratamentos de dados, levantamento de campo e análise das medições realizadas.

7.1 PRÉ-DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

7.1.1 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL DE BEBIDAS

A eletricidade é fornecida pela concessionária pública a 13.8 kV através de um único circuito, em classe consumidora industrial. As características quanto ao suprimento de energia elétrica na empresa estão dispostos na Tabela 7.1 abaixo:

Tabela 7.1 - Suprimento de Energia Elétrica na Indústria de Bebidas

Considerações	Situação atual	Situação Proposta
Estrutura tarifária	Horo-sazonal Azul	Horo-sazonal Azul
Demanda contratada na ponta	1450 kW	1550 kW
Demanda contratada fora da ponta	1650 kW	1650 kW
Limite de ultrapassagem de demanda	5%	5%
Valor médio das faturas mensais	RS 183.265,8	-
Percentual de Utilização da Capacidade Instalada	67%	-

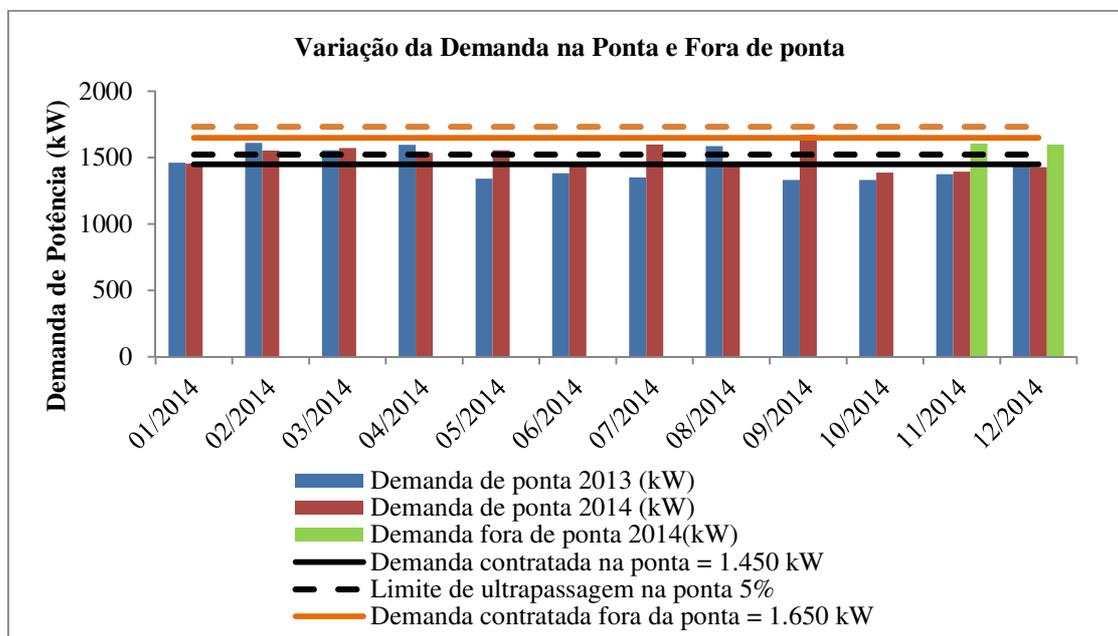
Fonte: Resultado da Pesquisa

A indústria de Bebidas, durante o ano de 2013, era consumidora de energia na modalidade tarifária convencional, com demanda contratada de 1450 kW. Novas instalações no ano de 2013 contribuíram para o aumento do consumo de energia elétrica, impactando no resultado do consumo de energia. A tarifa de modalidade horo-sazonal azul, entrou em vigor na empresa a partir de novembro de 2014, com 1450 kW contratados na ponta e 1650 kW contratados fora da ponta.

A Figura 7.1 abaixo apresenta o comportamento da demanda com a tarifa convencional até outubro e o restante dos meses com as demandas de ponta e fora de ponta. Verificou-se o registro de excedente de demanda ponta em 2013, e em 2014 a demanda excedeu o limite de ultrapassagem durante 6 meses. Na situação proposta, sugere-se o

aumento da demanda de ponta para 1.550 kW, tendo em vista que a empresa está em processo de expansão.

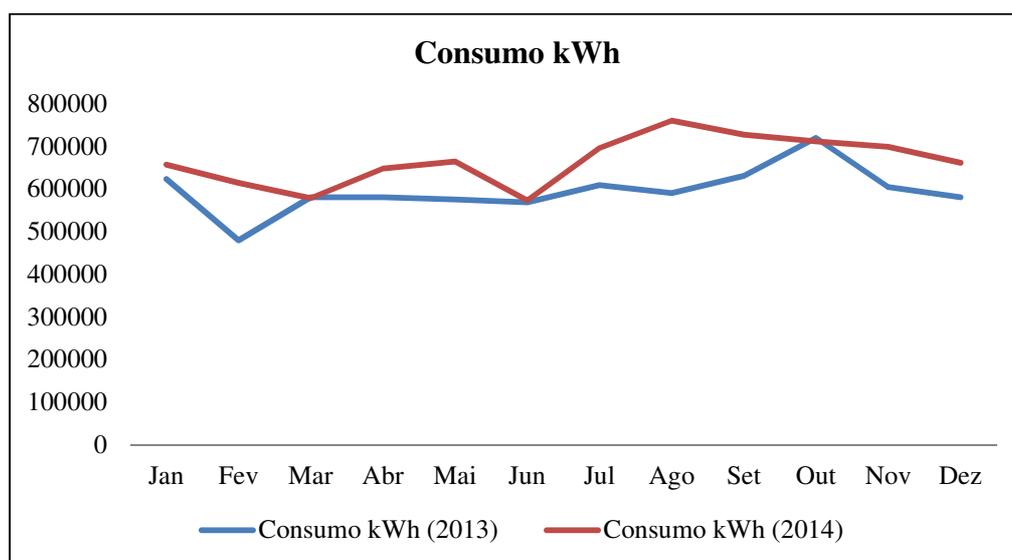
Figura 7.1 - Variação da Demanda na Ponta e Fora de ponta em 2014 na Indústria de Bebidas



Fonte: Resultado da Pesquisa

Comparando o consumo de energia em kWh nos anos de 2013 (total de 7,14 GWh) e 2014 (8,0 GWh), o consumo de energia médio aumentou aproximadamente 11 % com relação a 2013, com pico nos meses de agosto e setembro. Conforme a Figura 7.2 abaixo:

Figura 7.2 - Consumo de energia em 2013 e 2014 na Indústria de Bebidas

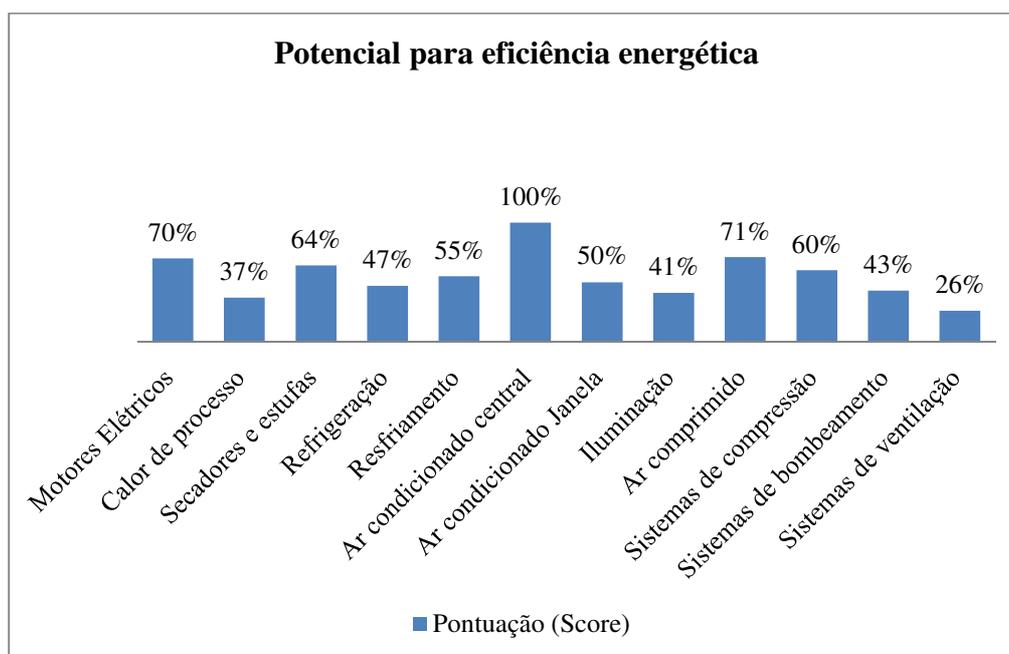


Fonte: Resultado da Pesquisa

Com relação ao percentual de utilização da capacidade instalada obtido, observa-se que 67% da capacidade da empresa operou no ano de 2014, seguindo a média nacional das indústrias de bebidas equivalente a 69,05 % (Capítulo 3) de utilização.

Os dados do questionário *online* foram tratados no modelo de simulação que efetuou uma pré-análise energética. Foram apresentadas as condições de economia de energia nos sistemas respondidos pela indústria. Através da simulação, foi gerando uma pontuação (*score*) para o sistema quanto aos potenciais de racionalização do consumo de energia, isto é, correspondendo às economias de energia possíveis de serem alcançadas com as melhores tecnologias atualmente disponíveis (*Best Available Technologies - BAT*), porém sem as considerações econômicas.

Figura 7.3 - Potencial para eficiência energética nos sistemas consumidores da Indústria de Bebidas



Fonte: Resultado da Pesquisa

De acordo com os dados obtidos no questionário *online*, na indústria de preparação para bebidas, 85% do consumo provém da eletricidade e 15% de óleo combustível, 10 ton/mês. De acordo com os resultados, o sistema de refrigeração e resfriamento mereceu maior atenção do projeto; segundo o pré-diagnóstico energético, os sistemas possuem um *score* de 47% e 55% respectivamente, apresentando um significativo potencial para conservação de energia.

Nas visitas de aferição das informações foi ratificado que nas câmaras frias os compressores de amônia são os responsáveis por 40% do consumo energético na empresa, eles produzem água gelada para a alimentação de todas as câmaras frias para a conservação do concentrado de bebidas. Os coeficientes de desempenho dos sistemas de refrigeração não possuem monitoramento e a idade média dos sistemas está entre 10 e 20 anos. Em 2013, os *chillers* representaram 10% do consumo energético da empresa, desta forma, foi adicionado um ponto de medição em dois destes *chillers* de compressão que possuem idade média estimada em 21 anos, com 18 horas de operação diárias.

A partir da premissa de que na indústria de fabricação de produtos alimentícios a força motriz representa um dos maiores percentuais de consumo elétrico, este sistema foi selecionado para a avaliação no trabalho. Os motores elétricos da instalação apresentaram um *score* de 70%. Através dos questionários, verificou-se que 80% dos motores elétricos da empresa possuem acionamentos através de inversores de frequência, com média de 9 horas de operação diária. A idade estimada da maioria dos motores informada é de 10 anos de fabricação e eficiência energética de 85%.

Quanto ao sistema de iluminação (*score* de 41 %), identificou-se que não há aproveitamento da luz natural na indústria. Em 2013, através de um programa de eficiência energética, foram substituídas 250 lâmpadas de vapor de sódio (400W) por 349 lâmpadas de indução (150W) nas câmaras frias 1 e 2, melhorando a eficiência em torno de 60%. A iluminação via vapor de sódio ainda está presente na câmara fria 3, ainda sem data prevista para a substituição por lâmpadas de indução. Atualmente, em termos de potência (kW), as lâmpadas fluorescentes representam 36% do total e as lâmpadas de vapor de sódio participam de 42% do total da potencia instalada.

Com relação ao gerenciamento da energia, foi constatado que a empresa possui um programa permanente de gestão e eficiência energética há 10 anos, com equipe específica subordinada ao gerente da indústria. A instalação possui programa interno de ações para aumentar a eficiência energética e monitoramento do uso da energia, através de equipe própria de engenheiros e técnicos.

7.1.2 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL ELETROELETRÔNICA

A empresa é atendida através da concessionária pública na tensão de 13.8 kV através de um único circuito, sendo classificada na classe consumidora industrial. As características quanto ao suprimento de energia elétrica na empresa estão dispostos na Tabela 7.2 abaixo:

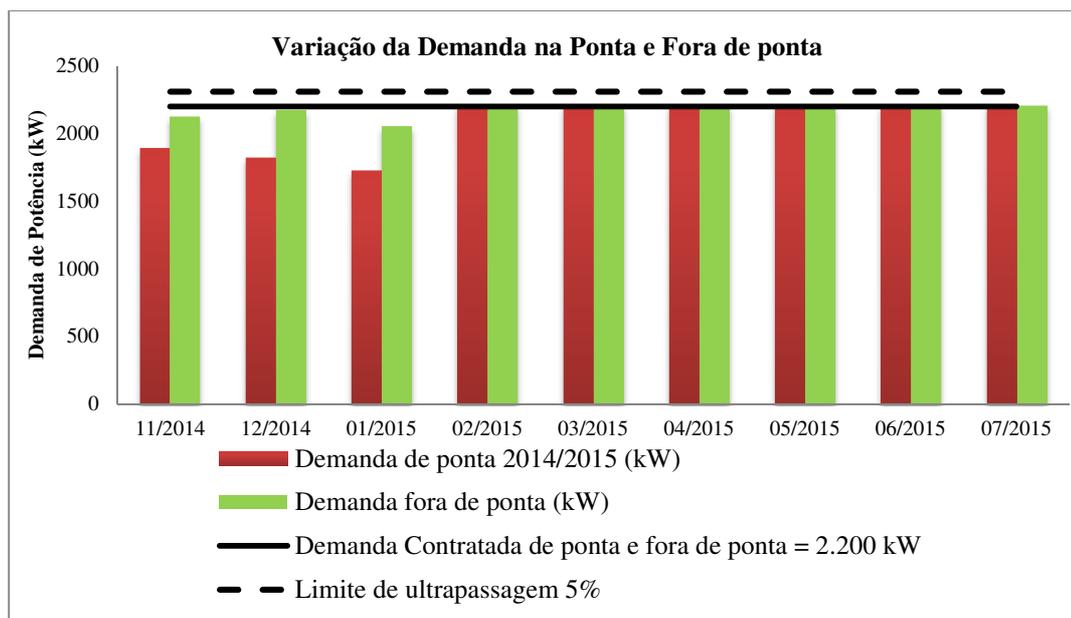
Tabela 7.2 - Suprimento de Energia Elétrica na Indústria Eletroeletrônica

Considerações	Situação atual	Situação Proposta
Estrutura tarifária	Horo-sazonal Azul	Horo-sazonal Azul
Demanda contratada na ponta	2.200 kW	2.200 kW
Demanda contratada fora da ponta	2.200 kW	2200 kW
Limite de ultrapassagem de demanda	5%	5%
Valor médio das faturas mensais	R\$ 290.200	R\$ 290.200

Fonte: Resultado da Pesquisa

A indústria de linha branca, durante o ano de 2013 e até outubro de 2014, era consumidora de energia na modalidade tarifária convencional, com demanda contratada de 2.050 kW. Durante os doze meses que antecederam a mudança tarifária, verificou-se o registro de uso excedente de demanda de energia. A partir da nova tarifação, horo-sazonal azul, os registros de demanda na ponta e fora de ponta seguem na Figura 7.4.

Figura 7.4 - Variação da Demanda na Ponta e Fora de ponta em 2014 na Indústria Eletroeletrônica

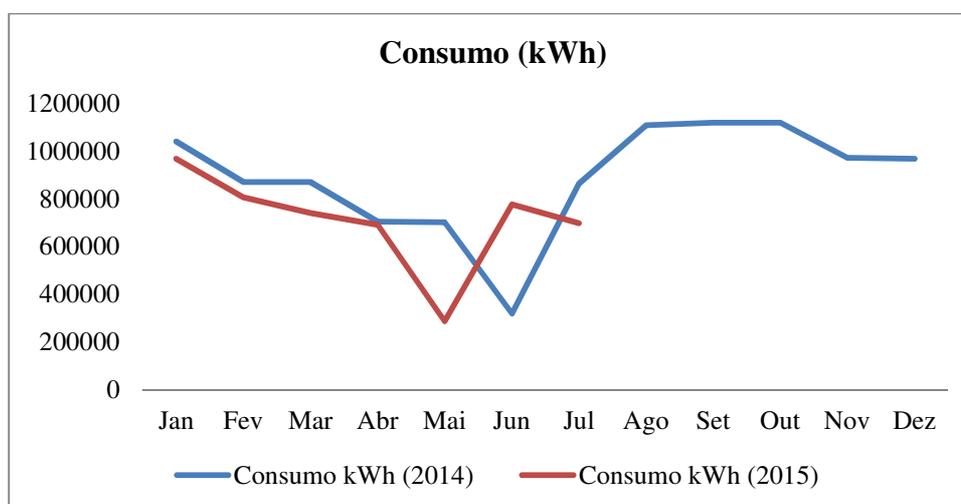


Fonte: Resultado da Pesquisa

Analisando a figura, observa-se que a demanda contratada na ponta e fora de ponta atende a realidade da empresa, logo, não se verificou a necessidade de uma nova mudança nas condições contratuais. No entanto, ao longo dos meses da pesquisa verificou-se o pagamento de energia reativa excedente, com média de 5.200 kWh na ponta, e 32.800 kWh excedidos fora de ponta. A empresa não possui programa de correção de fator de potência e o banco de capacitores da instalação encontra-se com defeito e sem manutenção.

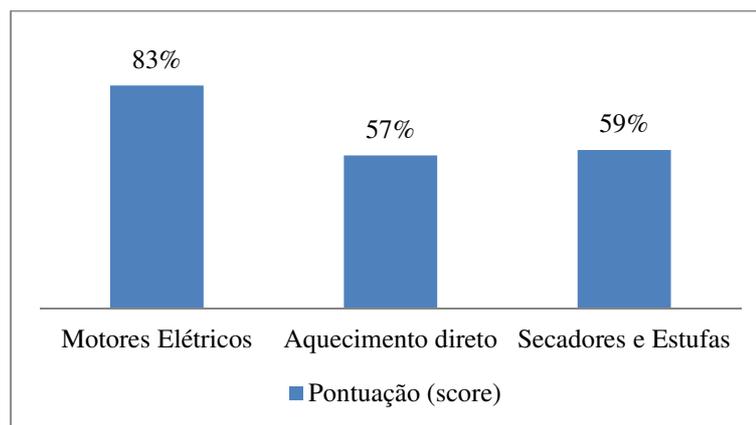
Com relação ao consumo de energia elétrica, para adequar a produção ao baixo período de vendas de aparelhos de ar-condicionado e gerenciar a baixa produtividade por conta dos intervalos de parada provocados pela Copa do Mundo, os trabalhadores estiveram de férias coletivas no mês de junho de 2014, onde se observa uma grande redução no consumo de energia (Figura 7.5). No acumulado de 2014 a empresa consumiu 10,66 GWh e no primeiro semestre de 2015, o consumo de energia apresentou novamente uma leve queda, atribuída ao período de baixa produção da empresa em decorrência do ritmo lento do mercado brasileiro, totalizando aproximadamente 5,0 GWh.

Figura 7.5 - Consumo de energia em 2014 e 2015 na Indústria Eletroeletrônica



Fonte: Resultado da Pesquisa

A pré-análise energética foi realizada através dos dados do questionário *online* respondido pela empresa. Foram apresentadas as condições de economia de energia nos sistemas respondidos pela indústria. Através da simulação, foi gerando uma pontuação (*score*) relacionada aos potenciais de racionalização do consumo de energia, isto é, correspondendo às economias de energia possíveis de serem alcançadas com as melhores tecnologias atualmente disponíveis (*Best Available Technologies, ou BAT*), entretanto sem as considerações econômicas (Figura 7.6).

Figura 7.6 - Potencial para eficiência energética nos sistemas consumidores da Indústria Eletroeletrônica

Fonte: Resultado da Pesquisa

Devido a restrições superiores ao acesso de dados da empresa, não foi possível o fornecimento dos dados completos sobre os sistemas consumidores. Apenas os sistemas considerados preocupantes pela instalação foram analisados no trabalho.

Na indústria eletroeletrônica de linha branca as medições foram focadas nas áreas fabris de fabricação e montagem, principais áreas produtivas da instalação, onde está localizada a maioria dos motores. Na avaliação do pré-diagnóstico o sistema motriz apresentou *score* de 85%, a idade média dos motores elétricos é de 15 anos, e estes operam em média 18 horas diárias com eficiência estimada de 70%.

As estufas e secadores apresentavam significativo consumo na empresa. Havia a suspeita de que os equipamentos estavam consideravelmente superdimensionados para as suas reais necessidades, o que pode configurar desperdícios de energia elétrica. No pré-diagnóstico esse sistema apresentou um *score* de 57%, e assim como os compressores e *chillers*, esses sistemas foram selecionados para a etapa de medições. A empresa possui 7 transformadores de 1000 kVAr e 1 de 750 kVAr, ambos com defeito e sem manutenção.

A empresa possui um programa de gestão e eficiência energética há 3 anos, coordenado pelo supervisor de manutenção, que monitora os parâmetros relacionados ao consumo de energia elétrica e água. A empresa alcançou atualizações tecnológicas nos sistemas produtivos e de utilidades. No entanto, no levantamento de campo não foi identificada uma equipe de apoio treinada e qualificada para colaborar com as questões energéticas.

7.1.3 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL DE MATERIAIS PLÁSTICOS

A concessionária de energia pública atende a empresa em 69.0 kV, em classe consumidora industrial. As características quanto ao suprimento de energia elétrica estão dispostas na Tabela 7.3 abaixo:

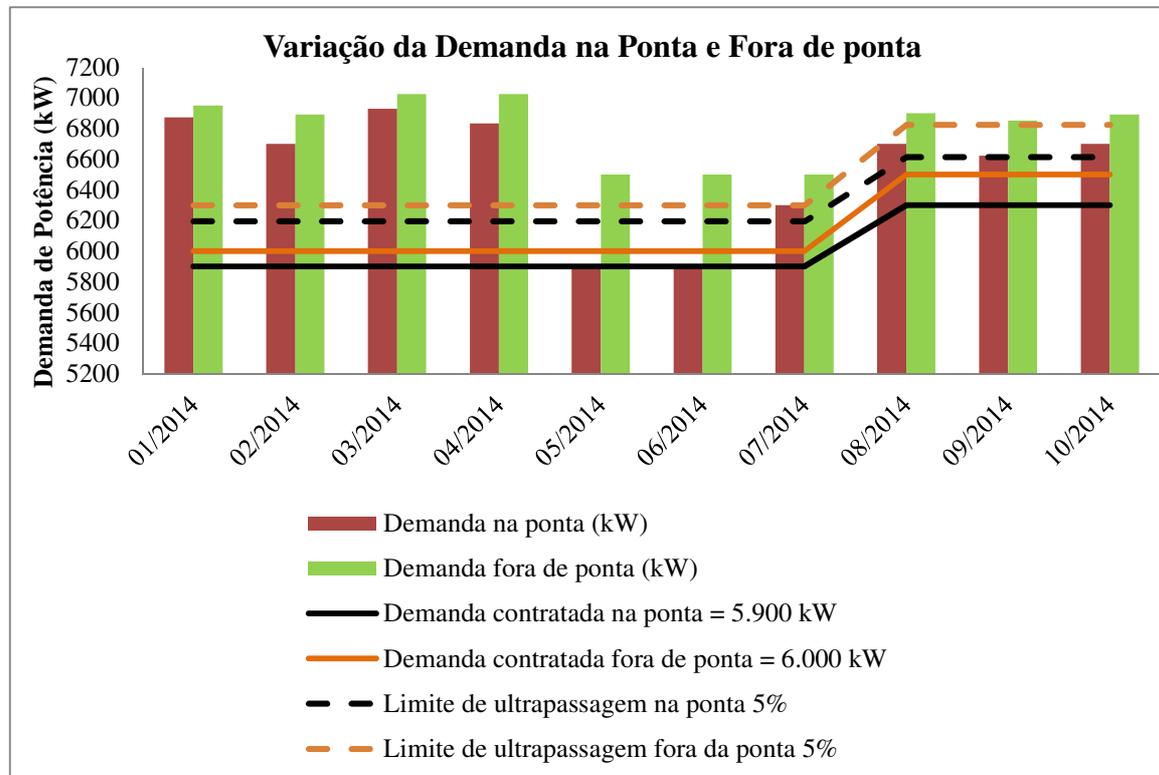
Tabela 7.3 – Suprimento da Energia Elétrica na Indústria de Materiais Plásticos

Considerações	Situação atual	Situação Proposta
Estrutura tarifária	Horo-sazonal Azul	Horo-sazonal Azul
Demanda contratada na ponta	5.900 kW	6.600 kW
Demanda contratada fora da ponta	6.000 kW	6.700 kW
Limite de ultrapassagem de demanda	5%	5%
Valor médio das faturas mensais	R\$ 670.000	-
Percentual de Utilização da Capacidade Instalada	75%	-

Fonte: Resultado da Pesquisa

Para o período fornecido pela empresa foi obtida a variação da demanda na ponta e fora de ponta entre os meses de janeiro e setembro de 2014 (Figura 7.7):

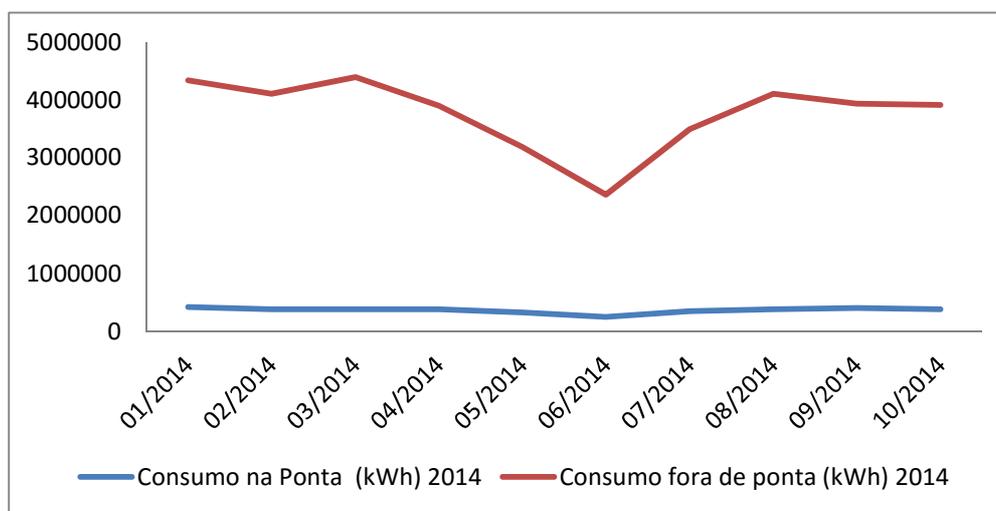
Figura 7.7 - Variação da Demanda na Ponta e Fora de ponta em 2014 na Indústria de Materiais Plásticos



Observa-se que os valores de demanda contratada na ponta e fora da ponta não atenderam a realidade da empresa, mesmo após a revisão do contrato ocorrida em agosto de 2014, sendo necessária avaliação dos valores contratados para evitar as multas pagas com excedentes de demanda. A situação proposta para esta instalação é elevar a demanda contratada na ponta para 6.600 kW e elevar a demanda contratada fora de ponta para 6.700 kW. Este seria o primeiro passo para evitar os altos valores pagos pela empresa devido ao excedente de demanda registrado. A empresa ainda registra pagamento de energia reativa com média mensal de 19,20 kWh excedidos na ponta e 163,20 kWh excedidos fora de ponta.

A empresa apresenta altos valores de consumo fora do horário de ponta, como mostrado na Figura 7.8. O pagamento do consumo fora de ponta é o responsável pelo maior impacto na conta de energia da instalação. No mês de junho de 2014, ocorreu um baixo período de produção, refletido no decréscimo do consumo de energia (totalizando 37,78 GWh).

Figura 7.8 - Consumo de energia em 2014 na Indústria de Materiais Plásticos



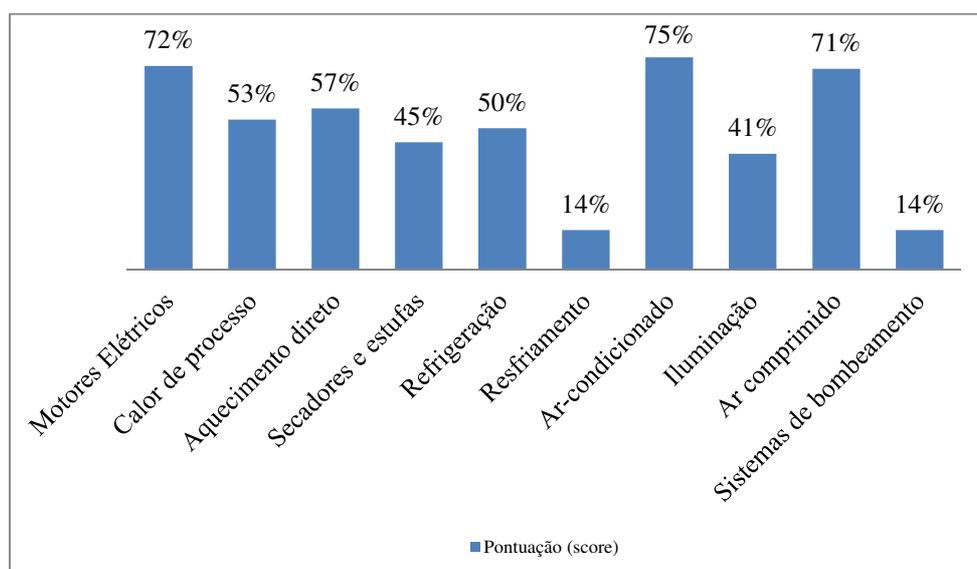
Fonte: Resultado da Pesquisa

Segundo os dados do questionário *online*, 87% do consumo da empresa são derivados da eletricidade e 13% de Gás Liquefeito do Petróleo (GLP), com consumo de 40 m³ mensais. A empresa passou por atualizações tecnológicas como a expansão da capacidade produtiva e modernizações nos sistemas produtivos, com ações impactadas diretamente no aumento do consumo de energéticos.

Com relação ao nível de utilização da capacidade instalada obtido, observa-se que 75% da capacidade da empresa operou ao longo de 2014, de modo que o percentual da indústria investigada se apresenta ligeiramente inferior ao ser comparada com a média nacional das indústrias de materiais plásticos, 82,20% (Capítulo 5).

No tratamento de dados do questionário foram gerados *scores* relacionados aos potenciais de racionalização do consumo de energia para a instalação (Figura 7.9).

Figura 7.9 - Potencial para eficiência energética nos sistemas consumidores da Indústria Termoplástica



Fonte: Resultado da Pesquisa

Os motores elétricos apresentaram uma pontuação elevada com 72% de eficiência, e a idade dos equipamentos varia de 5 a 10 anos, com eficiência estimada de 85%. De acordo com os dados do questionário, as máquinas possuem 24 horas em média de operação diária, o que pode configurar o mal-uso do equipamento devido a sobreaquecimentos e ausência de manutenções preventivas.

No pré-diagnóstico também foram obtidos *scores* de 53% no sistema de calor de processo, 14 % no sistema de resfriamento e 50 % no sistema de refrigeração, pode-se atribuir esses valores regulares a ausência de monitoramento da eficiência e falta de medição dos parâmetros nos equipamentos. O sistema de iluminação apresentou um *score* de 41%, a empresa não faz aproveitamento da luz natural. No entanto, a instalação já possui projeto de substituição de lâmpadas tradicionais por iluminação LED em andamento.

No levantamento de campo, foi observado que a empresa necessita de melhorias em diversos processos e sistemas consumidores, principalmente os relacionados aos desempenhos das máquinas injetoras, principal processo na indústria de produção de materiais plásticos. Constatou-se também, grande dissipação de calor nas zonas aquecidas dos equipamentos como "cilindros" (canhões) das máquinas de injeção plástica. Dessa forma, foram escolhidos cinco conjuntos de máquinas injetoras para avaliação.

Foi verificado que a empresa apresenta todos os seus bancos de capacitores com defeito e sem manutenção. Quanto ao gerenciamento da energia, observou-se que a instalação não monitora os indicadores de eficiência energética e não possui programa de gestão da energia. Embora o supervisor de *facilities* tenha se proposto em colaborar com o projeto, o mesmo relatou a falta de pessoal para lidar especificamente com questões energéticas e de eficiência compondo o organograma da empresa.

7.2 CONSUMOS ESPECÍFICOS DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS (CE)

A Tabela 7.4 apresenta os consumos específicos de energia nas 3 instalações industriais analisadas. A metodologia utilizada para o cálculo deste indicador foi apresentada no capítulo anterior.

Tabela 7.4 - Consumo específico de eletricidade das instalações industriais

Instalação Industrial	Período Analisado	Produção Média Mensal	Consumo Médio Mensal (kWh)	Consumo Específico (CE) ³	
Indústria de Bebidas	Jan/2014 a Dez/2014	3.360 ton	666,18	198 kWh/ton	740 MJ/ton
Indústria Eletroeletrônica	Ago/2014 a Jul/2015	240.200 peças	789,14	3,28 kWh/peça	11,82 MJ/PC
Indústria de Materiais Plásticos	Jan/2014 a Out/2014	1.500 ton	3.926,40	2,61 MWh/ton	9,40 GJ/ton

Fonte: Resultado da Pesquisa

$$^3 \text{CE} = \frac{\text{Consumo médio mensal}}{\text{Produção média mensal}}$$

Conforme o BEN (2015) a principal fonte de energia do setor industrial brasileiro é a eletricidade, com 20,2% de participação. No Amazonas, esse percentual aumenta consideravelmente, a partir dessas considerações a avaliação da eficiência energética na indústria também deve tomar por base o consumo específico de energia. No Brasil, a redução do consumo específico de eletricidade está entre as principais políticas e medidas de eficiência energética estabelecida pelo Ministério das Minas e Energia.

Diversas iniciativas sistematizadas vêm sendo empreendidas há mais de 20 anos, entre elas a Lei da Eficiência Energética nº 10.295/2001 que determina a instituição de “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país” e o Decreto nº 4.059/2001 regulamenta a mesma. O relatório final do Balanço Nacional de Energia 2015 também estimou o consumo específico dos Grandes consumidores industriais, porém, não foi incluído o consumo específico dos segmentos industriais de Bebidas, Materiais Plásticos e Eletroeletrônicos, estes dados apenas foram alcançados através das associações e confederações industriais.

Conforme apontado no Capítulo 3 (página 59), na caracterização do segmento de Bebidas, o consumo específico de eletricidade neste segmento fornecido pela Confederação Nacional da Indústria foi de aproximadamente 379,3 MJ/ton em 2004 (BAJAY, 2010). Observa-se que, a indústria estudada apresentou um consumo específico muito mais elevado quando comparado com o dado nacional. Porém, deve-se considerar que a indústria analisada é uma das principais exportadoras do país, sendo necessário abrigar em suas cinco câmaras frias os estoques de bases de bebidas. O sistema de refrigeração e resfriamento é um grande consumidor de eletricidade no segmento. Visando a melhoria dos indicadores, a empresa monitora todos os dados de consumo específico de energia e possui metas anuais de redução de consumo, com resultados positivos já alcançados.

O consumo específico de eletricidade da empresa eletroeletrônica foi o menor entre as indústrias analisados. Os processos envolvidos nesse segmento não incluem uso intenso de eletricidade, a maioria das atividades industriais é baseada por processos de montagem. O setor eletroeletrônico é um setor bastante diversificado em empresas e em oferta de produtos, em busca de comparações, ainda não foram disponibilizados na literatura os dados oficiais de consumo específico do setor em níveis nacionais.

O setor químico é bastante heterogêneo e não possui dados de consumo energético desagregados por cadeias produtivas para o cálculo do consumo específico desagregado, como para o caso da indústria de materiais plásticos. Sob o aspecto da cadeia produtiva de transformação de materiais plásticos, o consumo específico nacional para a indústria química foi estimado em 337 kWh/ton em 2013, enquanto no segmento Petroquímico, o consumo específico de eletricidade em 2013 foi de aproximadamente 1,59 MWh/ton (EPE, 2014), e o resultado obtido na indústria de materiais plásticos avaliada foi 2,61 MWh/ton, ou seja, ocorre um aumento da intensidade do uso da energia ao longo da cadeia produtiva.

No entanto, o comportamento do indicador de consumo específico da indústria termoplástica avaliada no trabalho também mostra que o segmento tem utilizado a energia de maneira intensiva e de baixa eficiência, isso origina altos prejuízos devido aos custos energéticos associados. De fato, a indústria termoplástica contempla os processos com uso intenso de eletricidade como a injeção plástica e a modelagem de peças, que exigem aquecimento acima da temperatura ambiente, e resultam no consumo excessivo de energia elétrica. Não foi possível comparar o consumo específico por máquinas de injeção.

A implantação de um programa de gestão energética não implica, necessariamente, em redução do consumo de energia elétrica (kWh) e, sim, na redução do consumo específico de energia. Assim sendo, muitas variáveis influenciam no consumo de energia elétrica: novos equipamentos, interrupções, variação de produção, etc. A verificação dos ganhos de eficiência energética, estimados através do acompanhamento dos indicadores de consumo específico de energia por unidade de produto, pode resultar no aprimoramento de produtos e processos.

7.3 FATOR DE CARGA DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS (FC)

A Tabela 7.5 apresenta os fatores de cargas médios das 3 indústrias analisadas. A metodologia utilizada para o cálculo deste indicador foi apresentada no capítulo anterior:

Tabela 7.5 - Fator de carga das instalações industriais

Instalação industrial	Período Analisado	FC_M⁴	FC_{MP}⁵	FC_{MFP}⁶
Indústria de Bebidas	Nov/2013 a Out/2014 (Tarifa convencional)	0,58	-	-
	Nov/2014 e Dez/2014 (Tarifa Horó-sazonal)	-	0,79	0,57
Indústria Eletroeletrônica	Nov/2014 a Jul/2015	-	0,57	0,47
Indústria de Materiais Plásticos	Jan/2014 a Out/2014	-	0,86	0,77

Fonte: Resultado da Pesquisa

O fator de carga é obtido através da relação entre o consumo de energia no mês e a demanda máxima de potência, observada durante um intervalo de tempo definido e considerando os enquadramentos tarifários. Este fator é um índice que pode variar entre 0 (zero) e 1 (um), quanto mais perto da unidade, mais eficiente é utilização da energia elétrica. A tradução do uso eficiente da energia no aumento do fator de carga industrial diminui ou retarda investimentos para a ampliação das instalações e obtenção de mais eletricidade para atender o crescimento da demanda.

Devido às várias atividades do setor industrial, suas curvas de carga podem variar de acordo com o tipo de produção de cada indústria. A média anual do fator de carga da Indústria de Bebidas estudada neste trabalho antes da alteração do modelo tarifário foi de 0,58. Nos dois meses seguintes, com adesão a tarifa horó-sazonal azul, houve um incremento dos fatores de carga nos horários de ponta e fora de ponta, sugerindo que a empresa tem aproveitado de maneira racional a energia disponibilizada pela concessionária.

A indústria eletroeletrônica apresentou os menores valores de fator de carga. A instalação obteve 0,57 e 0,47 para os fatores da carga médios na ponta e fora de ponta, respectivamente. Uma das alternativas para a melhoria do fator de carga é a redistribuição das cargas nos períodos de trabalho, reduzindo a demanda máxima, sem alterar o consumo. Com

$${}^4FC = \frac{CA}{DR \times 730}$$

$${}^5FC_p = \frac{CA_p}{DR_p \times 66}$$

$${}^6FC_{FP} = \frac{CA_{FP}}{DR_{FP} \times 664}$$

esse tipo de medida é possível evitar um novo contrato de demanda e limitações na capacidade de atendimento das cargas.

A indústria de fabricação de materiais plásticos avaliada alcançou maiores valores de fator de carga nos horários de ponta, 0,86, e fora de ponta, 0,77. Esse resultado indica que a empresa tem utilizado a potência instalada de maneira racional.

7.4 CUSTO MÉDIO DA ENERGIA

A Tabela 7.6 apresenta os preços médios de energia elétrica das 3 instalações industriais analisadas. A metodologia utilizada para o cálculo deste indicador já foi apresentada no capítulo anterior.

Tabela 7.6 – Custo médio da energia nas instalações industriais

Instalação Industrial	Período Analisado	Custo Médio (R\$/Mês)	Consumo Médio (kWh/Mês)	CM_E (R\$/MWh)
Indústria de Bebidas	Jan/2014 a Dez/2014	183.265,8	666,17	275,0
Indústria Eletroeletrônica	Ago/2014 a Jul/2015	290.200	789,14	370,0
Indústria de Materiais Plásticos	Jan/2014 a Out/2014	670.000	3.926,40	170,0

Fonte: Resultado da Pesquisa

É possível comparar os resultados obtidos com os preços médios regionais, nacionais e internacionais. As indústrias do estado do Amazonas obtiveram a média de 340,66 R\$/MWh (Capítulo 2), somente a Indústria Eletroeletrônica obteve média superior. Comparando com o Custo Médio de Energia Elétrica da Indústria Brasileira (543,8 R\$/MWh – Capítulo 2), todas as indústrias avaliadas se encontram abaixo da média, significando que estão em um patamar de eficiência maior. Confrontando os dados alcançados com o Custo Médio da Energia Elétrica Internacional (257,50 R\$/MWh – Capítulo 2), a Indústria de Bebidas e Eletroeletrônica se encontram acima da media internacional.

O custo com a eletricidade está associado com a sua forma de utilização e para se obter a economia energética, todas as indústrias devem conciliar custos operacionais e custos de investimentos em bases eficientes. No setor industrial podem ser encontradas alternativas interessantes de redução dos custos com energia, como substituição dos insumos energéticos,

matérias-primas, redução nas perdas de processo produtivo e de energia elétrica. Nesse último caso, por avaliação das modalidades tarifárias ou tributárias.

Um argumento equivocadamente sobre o aumento da eficiência energética é relacionado aos custos elevados para sua promoção e longos prazos de retorno financeiro. De fato, a aquisição de equipamentos mais modernos e eficientes, aprimoramento de processos e treinamento de pessoal implica em grandes gastos. No entanto, bom uso da energia é um investimento rentável, por isso, é necessário obter a confiança no diagnóstico de uma auditoria energética, também embasados em aspectos técnicos e econômicos, e seguir suas recomendações.

7.5 SELEÇÃO E MEDIÇÕES DOS SISTEMAS CONSUMIDORES INDUSTRIAIS

Após a etapa de Pré-diagnóstico, que compreendeu a análise crítica dos questionários respondidos e levantamento de campo para a aferição dos resultados, na etapa seguinte, os sistemas consumidores de energia que apresentaram maior potencial de conservação de energia e necessitavam de melhorias em termos de eficiência foram avaliados e selecionados para análise de Medições das grandezas elétricas nos Sistemas Consumidores Industriais.

Na instalação industrial de Bebidas foram realizadas medições em cinco pontos distintos, priorizando os sistemas de câmaras Frias. A Tabela 7.7 ilustra tais pontos, assim como o período de medição em cada um dos casos.

Tabela 7.7 – Pontos selecionados e período de medição na Indústria de Bebidas

Ponto	Sistema	Período de Medição
01	Câmara Fria 1 e 2	22/12/2014 a 23/12/2014
02	Câmara Fria 3	/2014 a 23/12/2014
03	Chiller	07/01/2015 a 08/01/2015
04	Área da qualidade	16/01/2015 a 17/01/2015
05	Área de produção (Subestação 2)	28/05/2015 a 29/05/2015

Fonte: Resultado da Pesquisa

Foram escolhidos quatro pontos para a medição na Indústria Eletroeletrônica, incluindo as áreas de montagem e fabricação. A Tabela 7.8 apresenta os sistemas selecionados, assim como o período de medição em cada um dos pontos.

Tabela 7.8 - Pontos selecionados e período de medição na Indústria Eletroeletrônica

Ponto	Sistema	Período de Medição
01	<i>Chiller</i> (com bombas e torres de resfriamento)	09/01/2015 a 10/01/2015
02	Compressor e Secador	09/01/2015 a 10/01/2015
03	Área Fabril 380 V – Montagem	13/01/2015 a 14/01/2015
04	Área Fabril 440 V – Fabricação	13/01/2015 a 14/01/2015

Fonte: Resultado da Pesquisa

Considerando a importância do desempenho das máquinas injetoras no processo produtivo da indústria de fabricação de materiais plásticos, foram escolhidos para medição sete conjuntos de máquinas injetoras, com funções diferenciadas, totalizando 22 máquinas. Ainda foram selecionados conjuntos de compressores e *chillers*. A Tabela 7.9 apresenta os sistemas analisados e o período de medição.

Tabela 7.9 - Pontos selecionados e período de medição na Indústria de Materiais Plásticos

Ponto	Sistema	Período de Medição
01	Máquinas injetoras – Conjunto de 7	19/01/2015 a 20/01/2015
02	Máquinas injetoras – Conjunto de 3	22/01/2015 a 23/01/2015
03	Máquinas injetoras – Conjunto de 4	26/01/2015 a 27/01/2015
04	Máquina Injetora (Fancoil)	28/01/2015 a 29/01/2015
05	Máquinas Injetoras – Conjunto de 3	28/01/2015 a 29/01/2015
06	Máquinas Injetoras – Conjunto de 2	30/01/2015 a 31/01/2015
07	Máquinas Injetoras – Conjunto de 2	30/01/2015 a 31/01/2015
08	Compressor – Conjunto de 5	03/02/2015 a 04/02/2015
09	Compressor	22/01/2015 a 23/01/2015
10	<i>Chillers</i>	26/01/2015 a 27/01/2015

Fonte: Resultado da Pesquisa

O instrumento utilizado nessa pesquisa foram os analisadores portáteis de grandezas elétricas, POWER PAD da AEMC e o SMART P600 da IMS já descritos no capítulo anterior. As medições elétricas foram limitadas às unidades que operam em tensões nominais de até 440 V, observando um período de 24 horas.

7.6 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DOS SISTEMAS CONSUMIDORES INDUSTRIAIS

A seguir são mostrados os resultados das medições realizadas em campo. Foram medidos, diretamente nos quadros de distribuição, os equipamentos e circuitos que se caracterizavam como os maiores consumidores de energia elétrica em cada instalação industrial visitada. As medições tiveram como objetivo aferir as potências de operação dos principais sistemas consumidores, identificando os sistemas superdimensionados ou subdimensionados e o *status* das grandezas relacionados a qualidade de energia.

7.6.1 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL DE BEBIDAS

O resultado das medições para as câmaras Frias 1 e 2 encontram-se na Tabela 7.10:

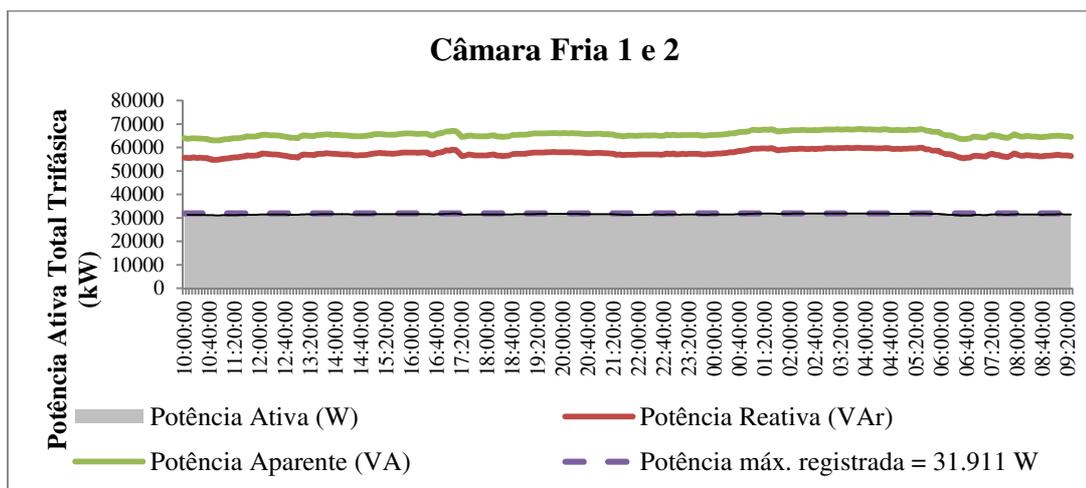
Tabela 7.10 – Resultados das grandezas elétricas medidas na câmara Fria 1 e 2

PONTO 01- CÂMARA FRIA 1 E 2	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,48
Potência Aparente (VA)	65.398,27 VA
Potência Ativa (W)	31.524,60 W

Fonte: Resultado das Medições.

Através dos valores obtidos durante as medições, foi construída a Figura 7.10, onde poder ser observada a variação temporal da potência ativa total trifásica:

Figura 7.10 – Potência ativa total trifásica na câmara Fria 1 e 2



Com base na Figura, a potência ativa do sistema se mantém equilibrada ao longo do tempo, dessa forma há uma oportunidade de redução na potência instalada de aproximadamente 36,0 kW (ou aproximadamente 50 CV).

Porém, chama atenção o baixo valor de fator de potência encontrado. O baixo valor de fator de potência pode causar transtornos no circuito que vão desde desperdício de energia elétrica até aquecimento que pode causar danos nos equipamentos. O percentual médio de motores elétricos com inversores de frequência na instalação é de 80%, esse equipamento, bem como o baixo uso da potência ativa identificada, pode contribuir também para o baixo fator de potência.

Este fator de potência é corrigido com o banco de capacitores da empresa que, no entanto, não extingue os problemas internos da instalação que apresenta excedente de reativos. A energia reativa inviabiliza a plena utilização da capacidade instalada, condicionando a instalação de novas cargas e investimentos. Além disso, o custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos cresce com o aumento da energia reativa.

Não foram identificados desequilíbrios de tensão e corrente, já os níveis de harmônicas se encontraram normais e a frequência obtida em 60 Hz.

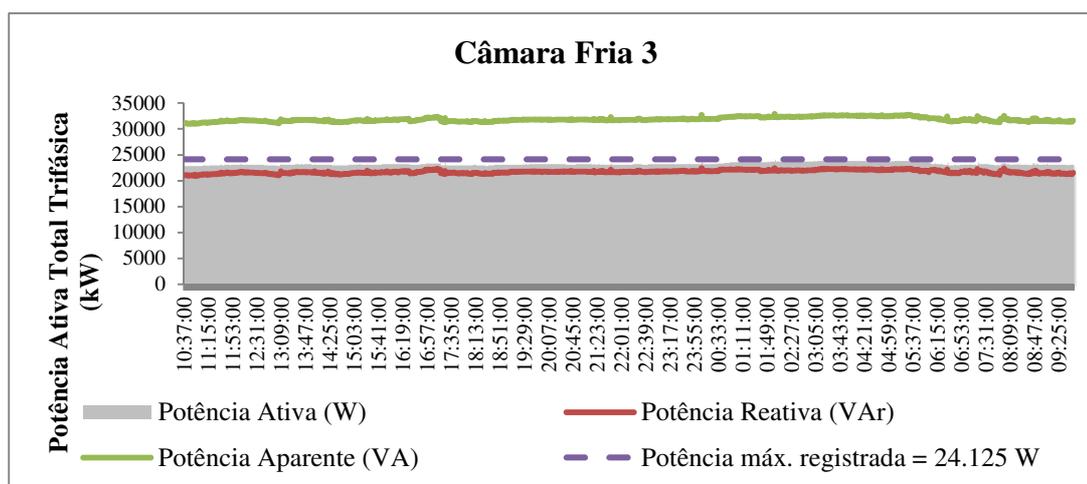
Para a terceira câmara Fria analisada são apresentados na Tabela 7.11 os status dos parâmetros avaliados.

Tabela 7.11 - Resultados das grandezas elétricas medidas na câmara Fria 3

PONTO 02 - CÂMARA FRIA 3	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases A desbalanceada
Harmônica de tensão THD V	THD V compreendido acima de 8% revela uma poluição harmônica considerável
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,73
Potência Aparente (VA)	31.850,39 VA
Potência Ativa (W)	23.266,69 W

Fonte: Resultado das Medições.

Através dos valores alcançados durante nas medições foi elaborada a Figura 7.11, onde se verifica a variação temporal da potência ativa total trifásica:

Figura 7.11 – Potência ativa total trifásica na câmara Fria 3

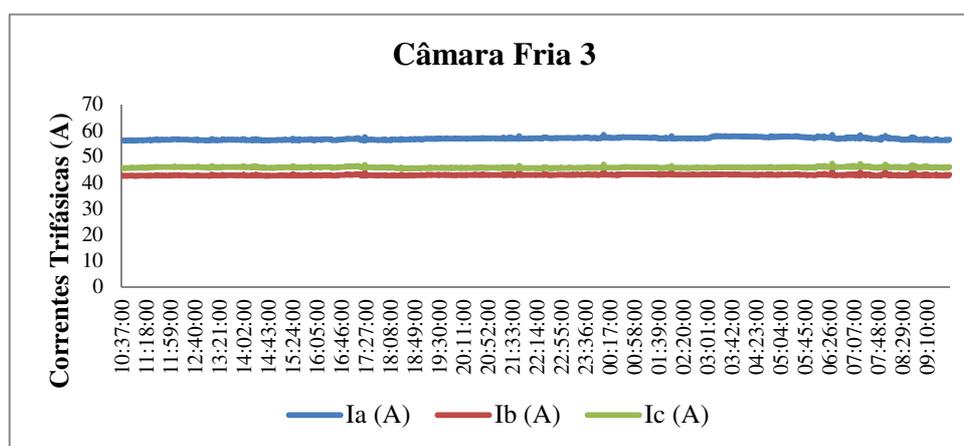
Fonte: Resultado das Medições.

Com base na Figura 7.11, constata-se que a utilização deste sistema está coerente com a potência instalada, não havendo, portanto, oportunidade de redução de potência. Detectou-se, um valor de fator de potência baixo igual a 0,73, corrigido através de banco de capacitores na subestação, o que, como foi salientado, não elimina as particularidades internas da instalação. Identificou-se ainda, a presença de Harmônicas de Tensão, com um valor de THD V acima de 8% e, Harmônicas de Corrente, com um valor de THD I considerado significativo, entre 10% e 50%.

Cargas não lineares são fontes de harmônicos que podem causar sobrecarga no sistema, danos em equipamentos, mau funcionamento de equipamentos de proteção. Parte da iluminação desta câmara fria é composta de lâmpadas de vapor de sódio com reator eletrônico, e equipamento com inversores de frequência, usualmente associados a tais distorções.

Chama a atenção à ocorrência de um desbalanceamento na fase A desse sistema (Figura 7.12). O fluxo harmônico pode aumentar a intensidade de corrente RMS (devido à ressonância serie), causando elevação nas temperaturas de operação de diversos equipamentos e diminuição de sua vida útil.

Figura 7.12- Correntes Trifásicas na Câmara Fria 3



Fonte: Resultado das Medições.

Sabe-se que os sistemas elétricos estão propensos à ocorrência de diferentes distúrbios provocados por várias fontes. Tais distúrbios podem aparecer nas formas de onda da tensão e corrente isoladamente ou de forma simultânea. O aparecimento de deformidades nas formas de onda da tensão e corrente sugere a falta de qualidade da energia elétrica nesse sistema. Associado ao banco de capacitores sugere-se a instalação de um indutor anti-harmônica.

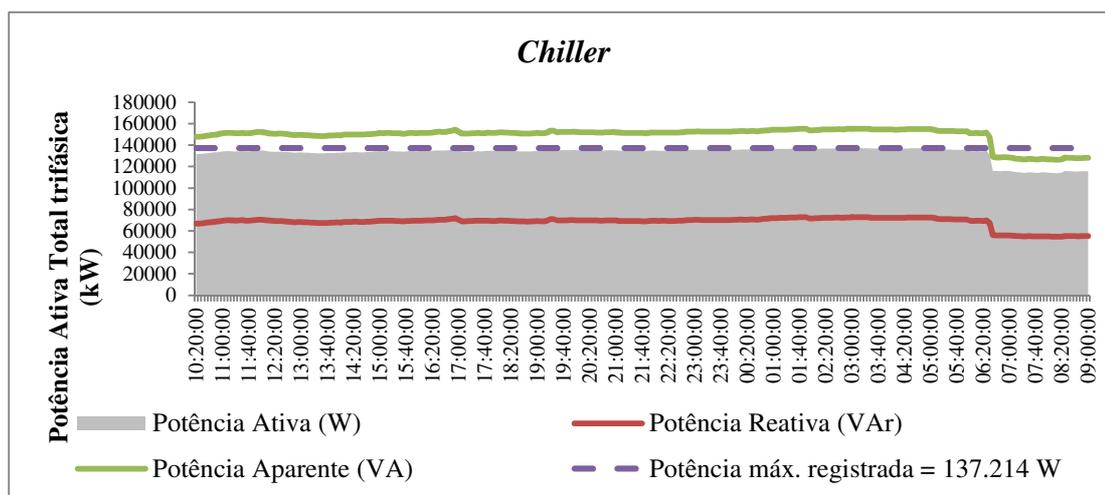
Para o *Chiller* selecionado para medição, são apresentados na Tabela 7.11 os status dos parâmetros relacionados à qualidade da energia avaliados.

Tabela 7.12 - Resultados das grandezas elétricas medidas no *Chiller*

PONTO 03 - CHILLER	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,88
Potência Aparente (VA)	149,4kVA
Potência Ativa (W)	132,8 W

Fonte: Resultado das Medições.

A Figura 7.13 foi elaborada para a análise da variação das potências registradas no período de medições.

Figura 7.13– Potência ativa total trifásica no *Chiller*

Fonte: Resultado das Medições.

Inicialmente foi identificado um fator de potencia baixo durante a medição do *Chiller*. Os *chillers* de compressão operam diariamente 18 horas e possuem idade média estimada de 21 anos. Apesar do fator de potência ser corrigido através de banco de capacitores, para evitar perdas de energia elétrica, recomenda-se que a operação dos *Chillers* seja à plena carga em vez de dois ou mais com carga parcial. A utilização de variadores de frequência podem reduzir os custos com capacitores. Tendo em vista a elevada idade estimada do *Chiller*, recomenda-se a possibilidade de substituição por modelos mais novos e eficientes.

Não foram identificados variações de frequência e distorções na forma de onda das tensões e correntes.

O resultado das medições realizadas na Área da Qualidade encontra-se na Tabela 7.13:

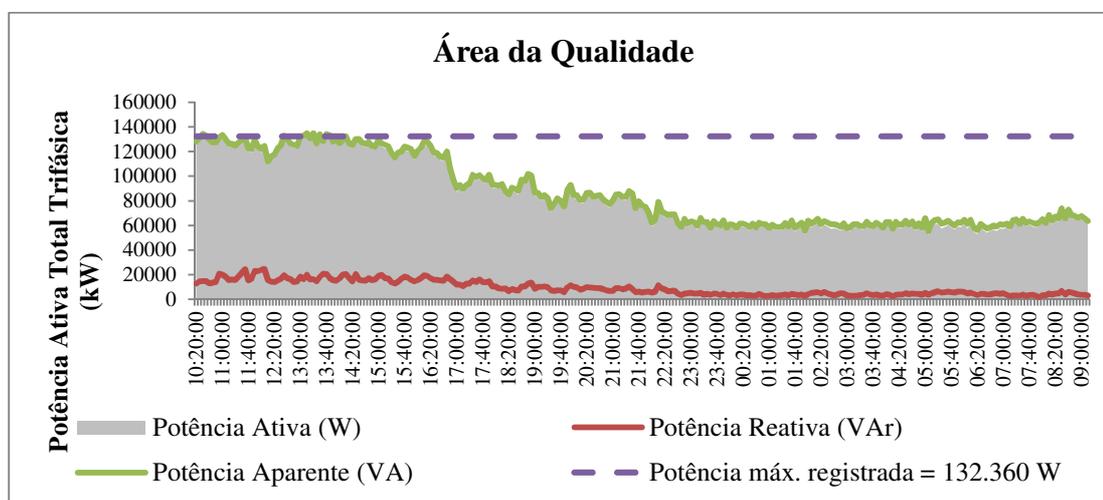
Tabela 7.13 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Área da Qualidade

PONTO 04 – ÁREA DE QUALIDADE	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,95
Potência Aparente (VA)	86,04 kVA
Potência Ativa (W)	83,25 W

Fonte: Resultado das Medições.

A Figura 7.14 apresenta a variação das potências registradas no período de medições.

Figura 7.14 - Potência ativa total trifásica na Área da Qualidade



Fonte: Resultado das Medições.

A área da qualidade tem funcionamento em horário comercial, por esta razão é observada uma redução de potência a partir das 17 horas da tarde e crescimento a partir das 8 horas da manhã. Nesse setor, é amplo o uso de computadores e notebooks pelos servidores para fins administrativos. A planta também substituiu recentemente os monitores regulares por telas planas de LCD.

O conteúdo harmônico encontrado nessa medição é comum nas cargas comerciais, onde o uso de computadores e dispositivos eletrônicos é grande. A recomendação para esta área é a utilização de filtro anti-harmônica a fim de evitar problemas nas instalações e nos equipamentos.

Na Área de Produção, os parâmetros alcançados relacionados à qualidade da energia elétrica deste setor encontram-se na Tabela 7.14 a seguir.

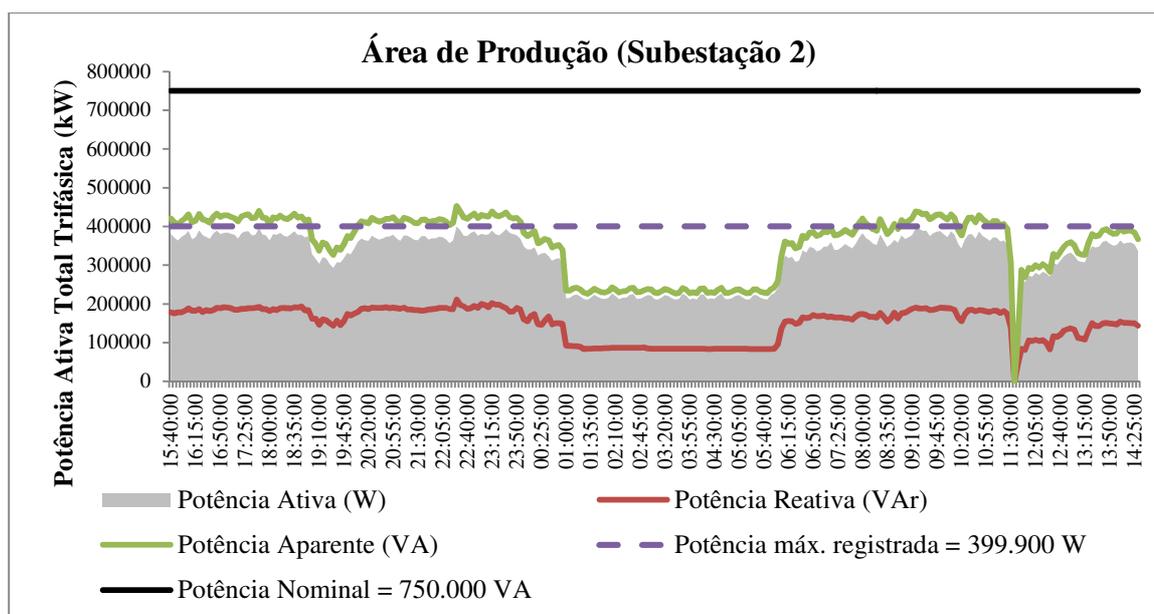
Tabela 7.14 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Área de Qualidade

PONTO 05 – ÁREA DE PRODUÇÃO (SUBESTAÇÃO 2)	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,90
Potência Aparente (VA)	387.49 kVA
Potência Ativa (W)	352,95 kW

Fonte: Resultado das Medições.

Através dos valores alcançados nas medições foi elaborada a Figura 7.15, onde se verifica a variação temporal da potência ativa total trifásica.

Figura 7.15 - Potência ativa total trifásica na Área de Produção

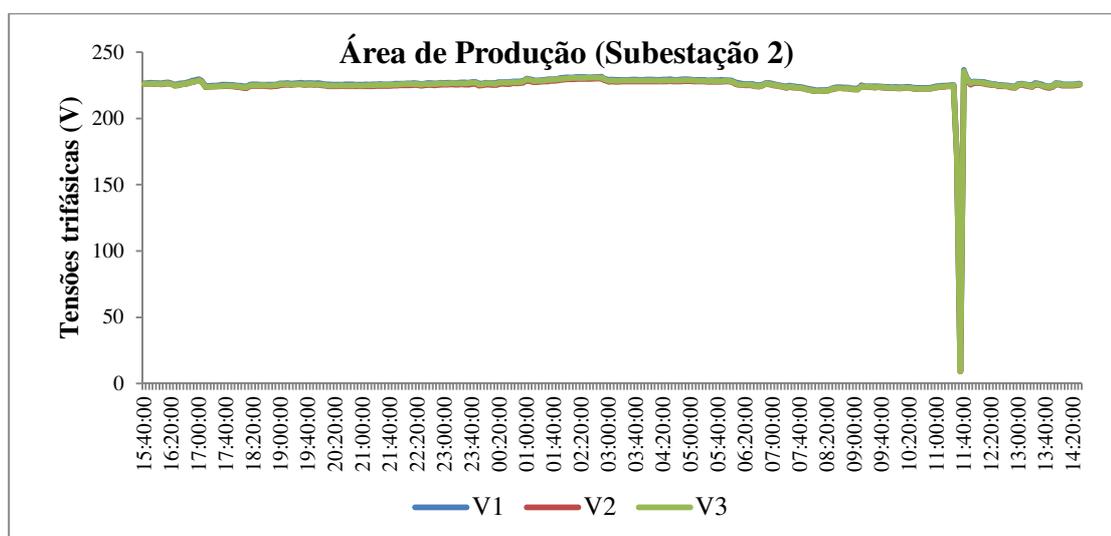


Fonte: Resultado das Medições.

O ponto refere-se a uma área onde ocorrem diversos processos produtivos. A potência instalada fornecida pela empresa para esse ponto foi de 750 kVA. Dessa forma, observa-se que a potência ativa trifásica está muito abaixo da potencia instalada fornecida pela empresa. Neste caso, existe potencial aproximado de 350 kVA (490 CV) de redução da potência instalada e, conseqüentemente, de economia de energia elétrica. Foi observado que fator de potencia encontra-se abaixo do limite estabelecido pela ANEEL, apesar de ser corrigido através de banco de capacitores, é necessária uma averiguação no sistema a fim de evitar perdas elétricas.

Outro fato observado na medição foi a perda total de potência ocorrida dentro do intervalo de 11:35 e 11:40 horas da manhã. De acordo com o Módulo 8 do PRODIST, o afundamento de tensão, que é tratado na literatura internacional como “*voltage sag*”, faz parte dos fenômenos de “variação de tensão de curta duração”. As medições obtidas nas tensões trifásicas do ponto medido comprovam a ocorrência da subtensão momentânea (Figura 7.16).

Figura 7.16 – Tensões trifásica na Área de Produção



Fonte: Resultado das Medições.

Normalmente as causas associadas a esse distúrbio são as partidas de máquinas de porte significativo que consomem grandes volumes de energia reativa, curto-circuito fase-terra no circuito de distribuição e defeitos internos das instalações. Os efeitos associados são perdas de potência constatadas, falha em equipamentos e até impactos econômicos por parada de máquinas e dispositivos de proteção. As análises e medições dos afundamentos de tensão estão diretamente relacionadas à continuidade de operação, por esse motivo a importância do monitoramento ininterrupto das grandezas elétricas e qualidade da energia.

7.6.2 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL ELETROELETRÔNICA

As medições realizadas da Indústria Eletroeletrônica tiveram como objetivo o levantamento das potências de operação dos principais sistemas consumidores, bem como as características da qualidade da energia medidas no quadro de distribuição. Seguem os dados encontrados para cada ponto selecionado.

Para o *Chiller*, os parâmetros alcançados relacionados à qualidade da energia elétrica deste equipamento encontram-se na Tabela 7.15 a seguir.

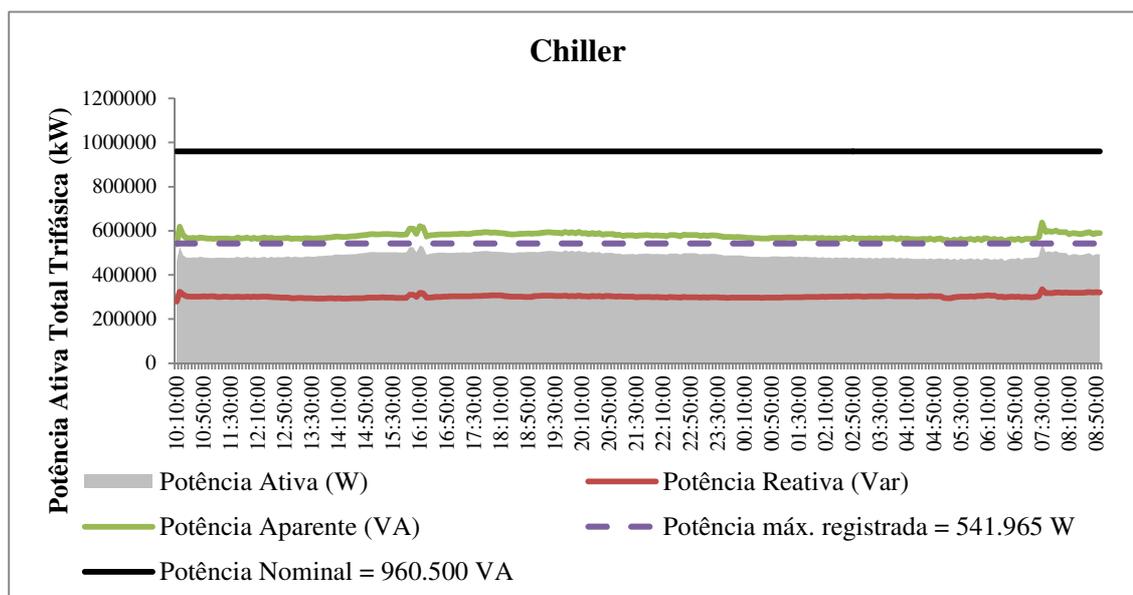
Tabela 7.15 - Resultados das grandezas elétricas medidas no *Chiller*

PONTO 01 – CHILLER	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,85
Potência Aparente (VA)	575,3 kVA
Potência Ativa (W)	489,5 kW

Fonte: Resultado das Medições.

A Figura 7.17 apresenta a variação das potências registradas no período de medições.

Figura 7.17 - Potência ativa total trifásica no *Chiller*



Fonte: Resultado das Medições.

A potência nominal do sistema de *Chiller* é de 960,5 kVA. O sistema inclui bombas e torres de resfriamento. Tendo em vista o comportamento da potência ativa no sistema, aparentemente constante ao longo do tempo, identifica-se uma oportunidade de redução da capacidade instalada equivalente a 400 kW, ou aproximadamente 560 CV.

O baixo fator de potência medido também pode ser atribuído a subutilização da capacidade desse sistema. Nesse caso, também existe a oportunidade de instalação de banco(s) de capacitor(es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação desejada será de 93,70 KVAR.

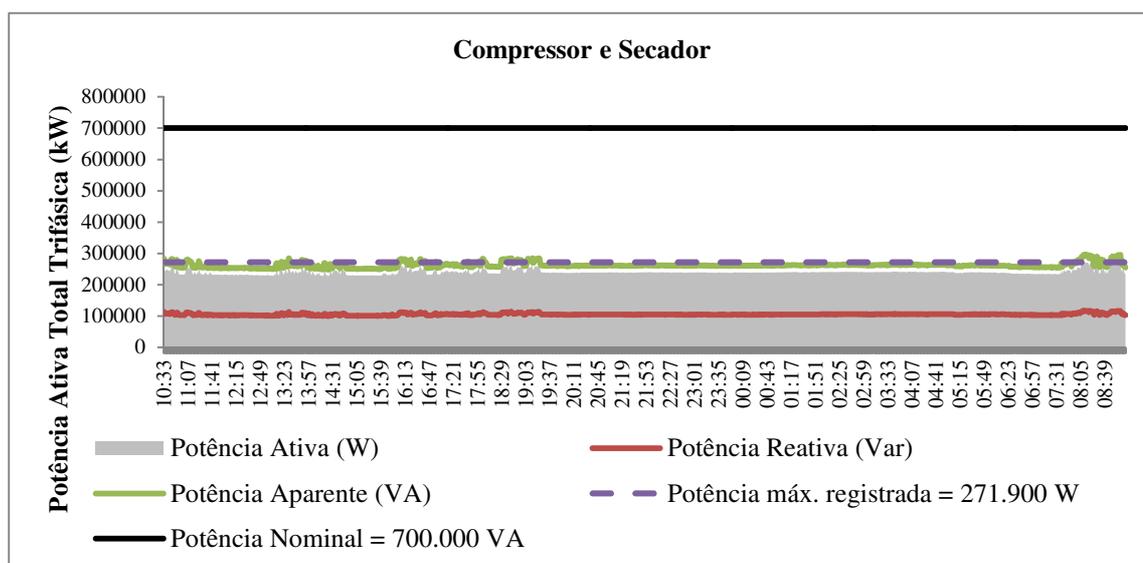
Para o sistema de Compressor e Secador analisado são apresentados na Tabela 7.16 os *status* dos parâmetros avaliados.

Tabela 7.16 - Resultados das grandezas elétricas medidas no Compressor e Secador

PONTO 02 – COMPRESSOR E SECADOR	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,92
Potência Aparente (VA)	262.512,50 VA
Potência Ativa (W)	240.362,00 W

Fonte: Resultado das Medições

A Figura 7.18 apresenta a variação das potências registradas no período de medições.

Figura 7.18- Potência ativa total trifásica no Compressor e Secador

Fonte: Resultado das Medições

No sistema de Compressor e Secador, a potência instalada total é igual a 700 kVA, tendo em vista o comportamento constante da potência ativa no sistema, identifica-se uma oportunidade de redução da capacidade instalada equivalente a 430kW, aproximadamente 600 CV. Não houve registro de baixo fator de potência e harmônicas na rede.

Para a Área Fabril de 380 V, onde se encontram os processos de montagem, os *status* dos parâmetros avaliados são exibidos na Tabela 7.17.

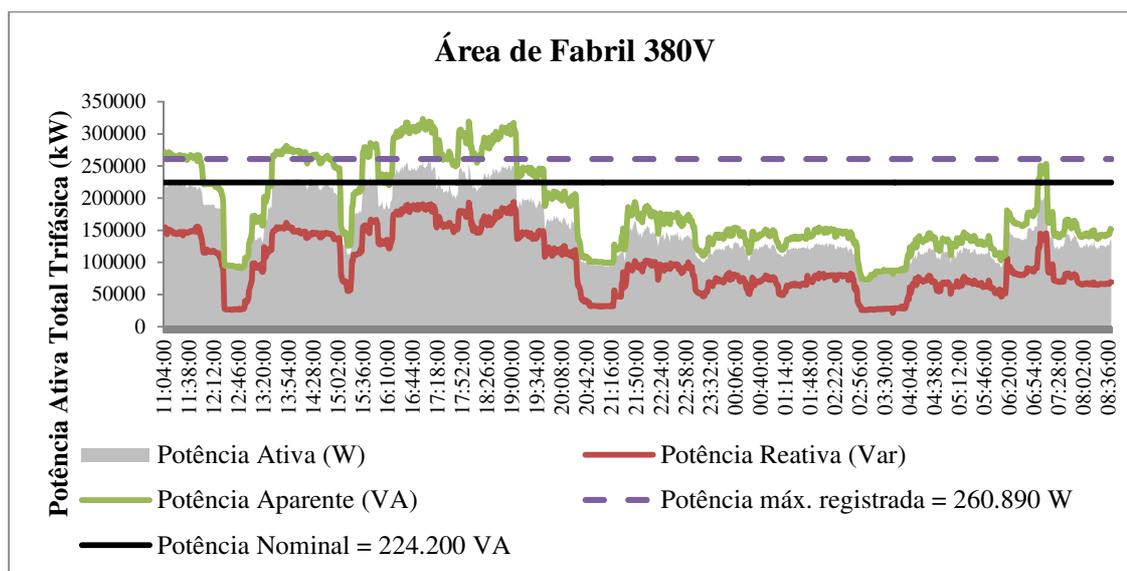
Tabela 7.17 – Resultados das grandezas elétricas medidas na Área Fabril 380 V

PONTO 03 – ÁREA FABRIL 380 V (Montagem)	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,86
Potência Aparente (VA)	183.977,90 VA
Potência Ativa (W)	155.073,50 W

Fonte: Resultado das Medições

Através dos valores obtidos durante as medições foi elaborada a Figura 7.19, onde se constata a variação temporal da potência ativa total trifásica.

Figura 7.19 - Potência ativa total trifásica na Área Fabril de 380 V



Fonte: Resultado das Medições

A potência instalada na área de montagem é 224,2 kVA, entre 16 e 19 horas, observa-se uma sobreutilização da capacidade desse sistema em alguns momentos (com pico de até 260,8 kW) o que configura perda de energia elétrica. A sobreutilização da capacidade pode comprometer as máquinas e afetar os equipamentos de proteção. O aumento da potência instalada recomendada seria equivalente a 37,0 kW (aproximadamente 50 CV).

Foi detectado também, um fator de potência abaixo da Norma recomendada, este pode estar relacionado com a sobrecarga identificada na rede elétrica. Portanto, uma análise detalhada que inclua o redimensionamento desse sistema é indispensável visto que os equipamentos e condutores podem sofrer danos e comprometer a linha de montagem. Nesse caso, também existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 33,00 KVAR.

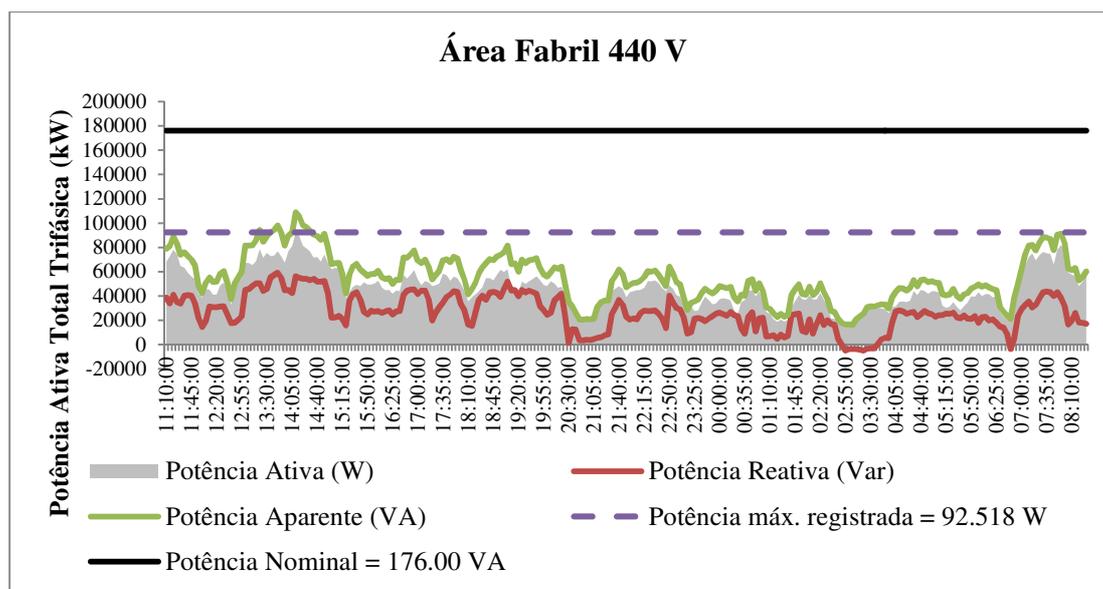
Para a Área Fabril de 440 V, onde são realizados os processos de fabricação, os status dos parâmetros avaliados são exibidos na Tabela 7.18.

Tabela 7.18 – Resultados das grandezas elétricas medidas na Área Fabril 440 V

PONTO 04 – ÁREA FABRIL 440 V (Fabricação)	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,83
Potência Aparente (VA)	55,33 kVA
Potência Ativa (W)	46,21 kW

Fonte: Resultado das Medições

Através dos valores obtidos durante as medições foi elaborada a Figura 7.20, onde se examina a variação temporal da potência ativa total trifásica.

Figura 7.20 - Potência ativa total trifásica na Área Fabril de 440 V

Fonte: Resultado das Medições

A potência instalada na área de fabricação é de 176,0 kVA, observa-se que há uma oportunidade de redução na potência instalada de pelo menos 80,0 kW (aproximadamente 110 CV).

Observa-se que neste sistema foi constatado um baixo fator de potência, potência reativa capacitiva (com valor mínimo de - 4.977 Var) e presença significativa de harmônicos de corrente na rede. Esta área de fabricação possui variados sistemas motrizes, entre eles as máquinas de soldagem. Estas apresentam características não lineares, portanto, propiciam a

presença de harmônicos na rede. Além da presença de inversores de frequência e partidas suaves (*soft starters*).

A potência total do capacitor para a compensação do fator de potência é de 10,70 KVAR. No entanto, a inserção de banco de capacitores para a correção de fator de potência em um ponto que possui a presença de harmônicas é uma tarefa complexa; as harmônicas podem interagir com os capacitores causando fenômenos de ressonância. Nesse caso, é necessário empregar indutores anti-harmônicas em serie com os capacitores.

O controle da presença de correntes harmônicas na instalação elétrica é tarefa fundamental para garantia da distribuição elétrica “limpa”. Outra solução proposta para este ponto é a inclusão de um Filtro Passivo LC juntamente com uma Indutância Adicional (LA), instalada em paralelo com o filtro, possibilitando a redução da energia capacitiva. Uma das principais vantagens dos filtros de harmônicas passivos LC é o aumento do fator de potência da instalação e eliminação das harmônicas da rede elétrica.

7.6.3 INSTALAÇÃO INDUSTRIAL TERMOPLÁSTICA

As medições na Indústria Termoplástica tiveram como foco o desempenho das máquinas de injeção plástica, em face das grandezas elétricas e dos parâmetros relacionados a qualidade e eficiência energética. Devido a restrições impostas na empresa, não foi possível a obtenção os valores de potencia nominal das máquinas, o que dificulta as projeções de redução da potência instalada.

A Tabela 7.19 apresenta o resultado das medições para o conjunto de 7 máquinas injetoras selecionadas.

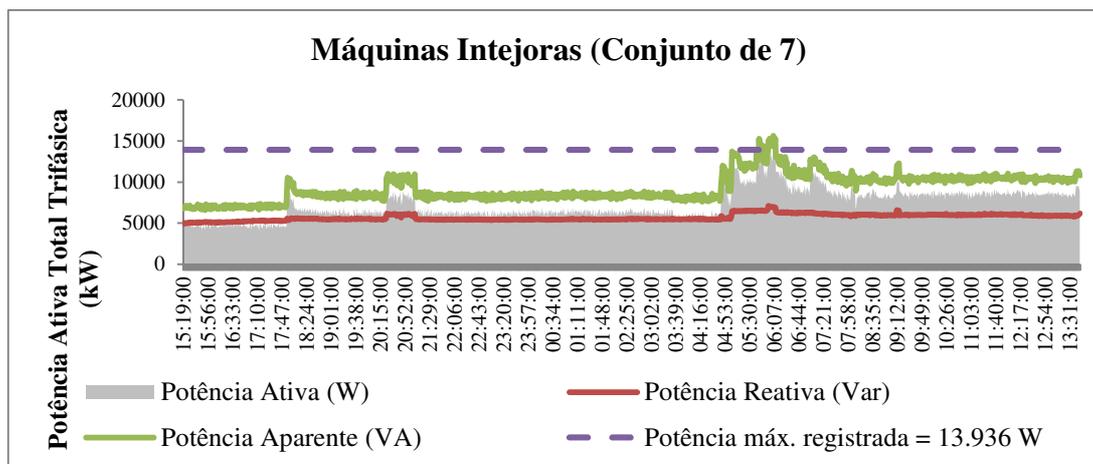
Tabela 7.19 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 7)

PONTO 01 – MÁQUINAS INJETORAS (CONJUNTO DE 7)	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilou abaixo do limite 59,9 Hz
Fator de potência	0,77
Potência Aparente (VA)	9.282,09 VA
Potência Ativa (W)	7.265,54 W

Fonte: Resultado das Medições

A partir dos dados alcançados foi possível gerar as potências trifásicas (Figura 7.21).

Figura 7.21- Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 7)



Fonte: Resultado das Medições

Primeiramente observa-se que o conjunto de máquinas injetoras apresenta um fator de potência igual a 0,77, abaixo do limite estabelecido pela ANEEL, 0,92. Além da presença de harmônicas de corrente na rede e oscilações abaixo de 60 Hz. Tais parâmetros indicam que a energia elétrica não está sendo consumida eficientemente.

O uso da energia no processo de moldagem por injeção ocorre em duas fases: uma alta potência é exigida por um curto período de tempo para injetar e ejetar o material plástico do molde e uma baixa potência é necessária durante um longo período de tempo para esfriar o material. Os motores elétricos, por sua vez, são acionados por inversores, usualmente causadores de distorções harmônicas. Estima-se que motores elétricos são responsáveis por aproximadamente 80% do consumo nos processos de injeção, dessa forma, todos devem seguir os níveis mínimos de eficiência recomendada, que variam conforme a potência nominal.

A aplicação de capacitores para a correção do fator de potência conjunto de máquinas avaliadas pode não resultar em resultados satisfatórios, visto que os níveis de distorção harmônicas encontradas ultrapassam os limites recomendados. Dessa forma, os capacitores podem ser submetidos a esforços térmicos, ocasionando queimas prematuras.

Foi verificado que a empresa possui todos os seus bancos de capacitores com defeito e sem manutenção, pode-se sugerir que o conteúdo harmônico encontrado nesse conjunto de máquinas (e nas demais avaliadas) pode ter sido responsável pelo mau funcionamento e consequente parada dos capacitores de correção de fator de potência da instalação.

De forma macro, há duas maneiras de reduzir os efeitos das correntes harmônicas, a primeira é adquirir equipamentos que já tenham filtros, ou outros artifícios que reduzam a geração das harmônicas, nesse caso, o custo para a substituição dos equipamentos pode ser inviável. A segunda opção é minimizar os efeitos no circuito com o uso de filtros, transformadores isolados, redimensionamento da rede, entre outros.

Corrigidas as distorções, também existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 2,7 KVAR.

A Tabela 7.20 apresenta o resultado das medições para o conjunto de 3 máquinas de injeção selecionadas.

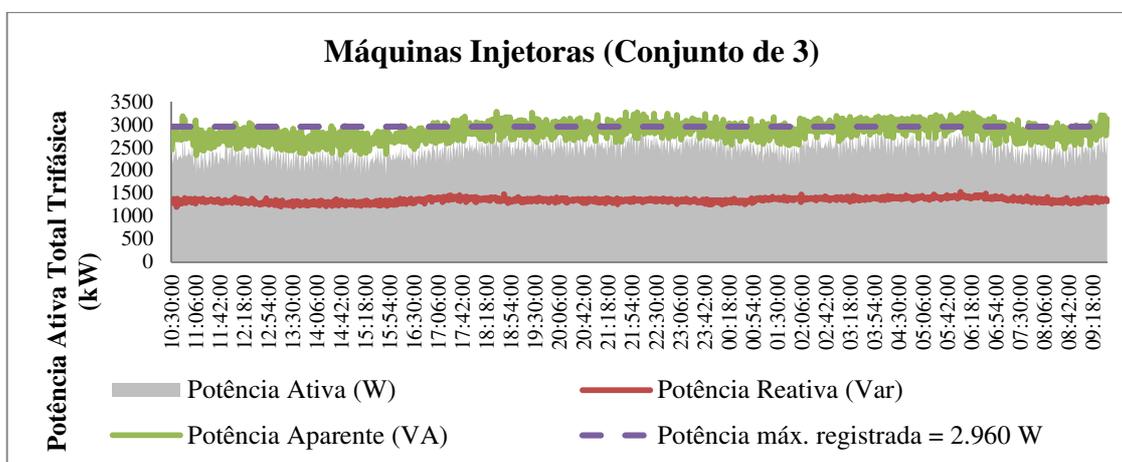
Tabela 7.20 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 3)

PONTO 02 – MÁQUINAS INJETORAS (CONJUNTO DE 3)	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,87
Potência Aparente (VA)	2861,28 VA
Potência Ativa (W)	2481,28 W

Fonte: Resultado das Medições

Na Figura 7.22, se examina a variação temporal da potência ativa total trifásica.

Figura 7.22 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 3)



Fonte: Resultado das Medições

O conjunto de máquinas injetoras apresenta baixo fator de potência e a presença de harmônicas de corrente na rede. Nesse caso verifica-se novamente que a energia não está sendo consumida com qualidade.

A solução clássica para a redução da contaminação harmônica de corrente é o uso de filtros anti-harmônicas sintonizados em derivação no alimentador. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação desejada será de 0,37 KVAR.

A Tabela 7.21 apresenta o resultado das medições para o conjunto de 4 máquinas injetoras selecionadas.

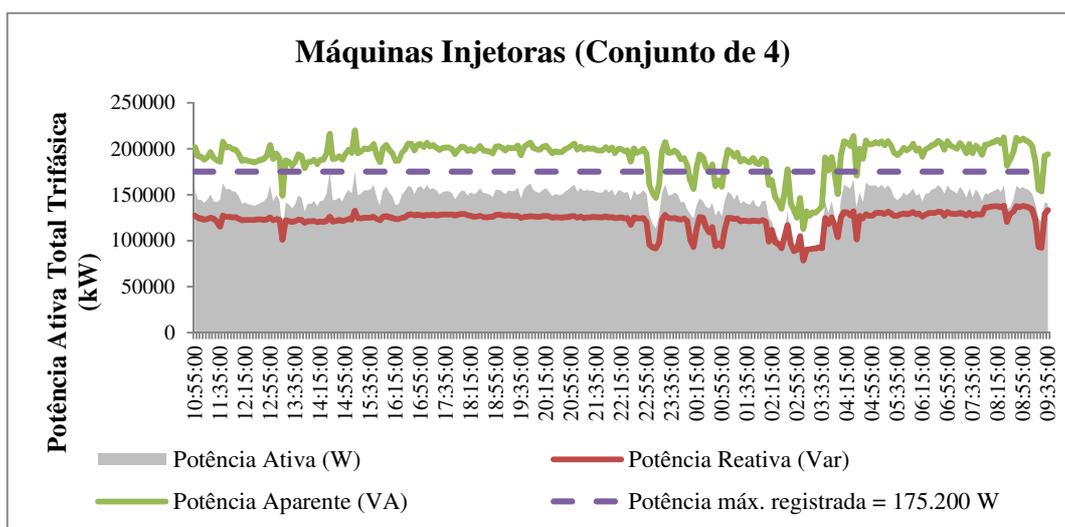
Tabela 7.21 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 4)

PONTO 03 – MÁQUINAS INJETORAS (CONJUNTO DE 4)	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,74
Potência Aparente (VA)	191,4 kVA
Potência Ativa (W)	145,8 kW

Fonte: Resultado das Medições

A Figura 7.23 foi elaborada para a análise da variação das potências registradas no período de medições.

Figura 7.23 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 4)



O conjunto de máquinas injetoras não apresentou distorções harmônicas ou variações de tensão e frequência. Porém apresenta baixo fator de potência significativamente abaixo do recomendado. Nesse caso, também existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 62,0 KVAR.

A Tabela 7.22 apresenta o resultado das medições para a máquina injetora selecionada.

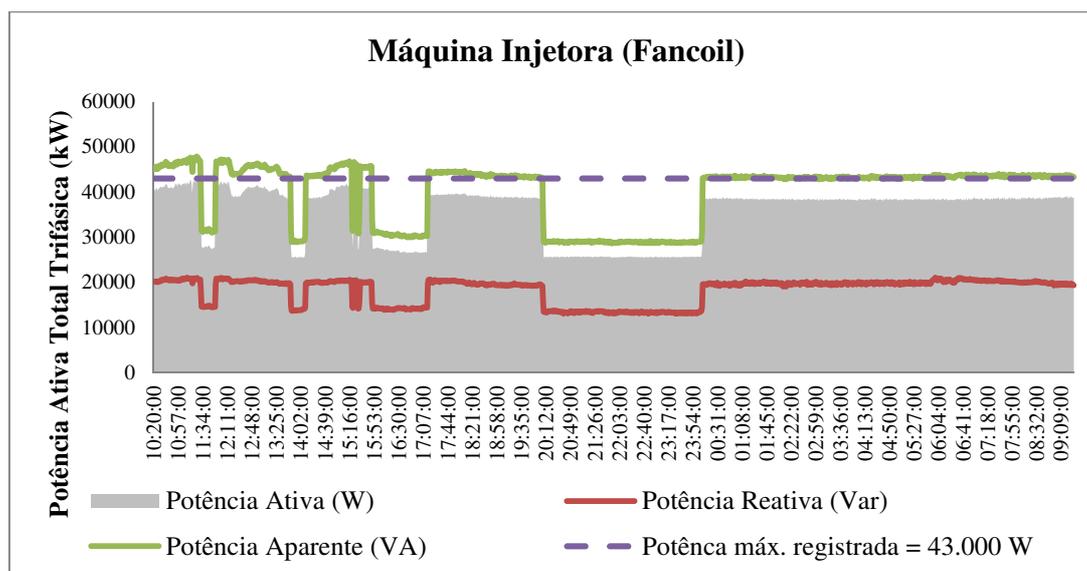
Tabela 7.22 - Resultados das grandezas elétricas medidas na Máquina Injetora (Fancoil)

PONTO 04 – MÁQUINA INJETORA (FANCOIL)	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,89
Potência Aparente (VA)	40095,05 VA
Potência Ativa (W)	35646,89 W

Fonte: Resultado das Medições

A Figura 7.24 abaixo apresenta a variação das potências durante a medição.

Figura 7.24 - Potência ativa total trifásica na Máquina Injetora (Fancoil)



Fonte: Resultado das Medições

Observa-se que a máquina de injeção plástica não apresentou distorções harmônicas ou variações de tensão e frequência. Porém apresenta baixo fator de potência e abaixo do recomendado. Nesse caso, também existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 3,0 KVAR.

A Tabela 7.23 apresenta o resultado das medições para as máquinas injetoras selecionadas.

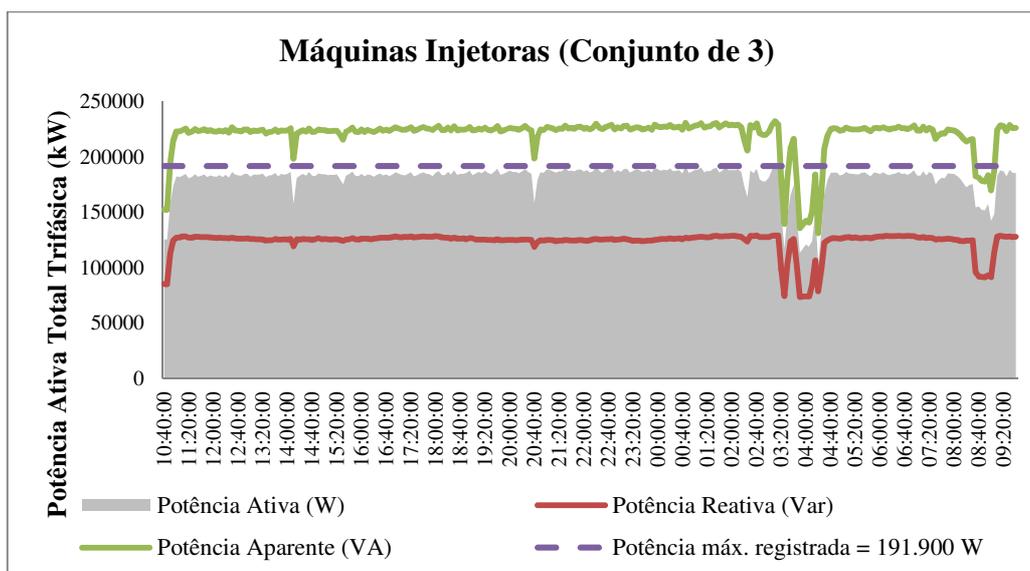
Tabela 7.23 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 3)

PONTO 05 – MÁQUINAS INJETORAS (CONJUNTO DE 3)	
Tensão de atendimento	Faixa de tensão precária
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,81
Potência Aparente (VA)	219,8 kVA
Potência Ativa (W)	190,8 kW

Fonte: Resultado das Medições

A Figura 7.25 abaixo apresenta a variação das potencia ao longo da medição.

Figura 7.25 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 3)



Fonte: Resultado das Medições

O conjunto de máquinas injetoras apresenta baixo fator de potência. O módulo 8 do Prodist da ANEEL estabelece os limites adequados, precários e críticos para os níveis de tensão em regime permanente. A tensão de atendimento nesse ponto apresenta faixa de variação Precária ($189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233$) / ($109 \leq TL < 116$ ou $133 < TL \leq 140$) Volts. Sendo necessária a adoção de sistemas para controle e regulação de tensão a fim de evitar danos as máquinas e aos equipamentos de proteção.

A ANEEL recomenda que a tensão em regime permanente deve ser avaliada por meio de um conjunto de leituras obtidas por medição apropriada.

Nesse caso, também existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 26,0 KVAR.

A Tabela 7.24 apresenta o resultado das medições para o conjunto de máquinas injetoras selecionadas.

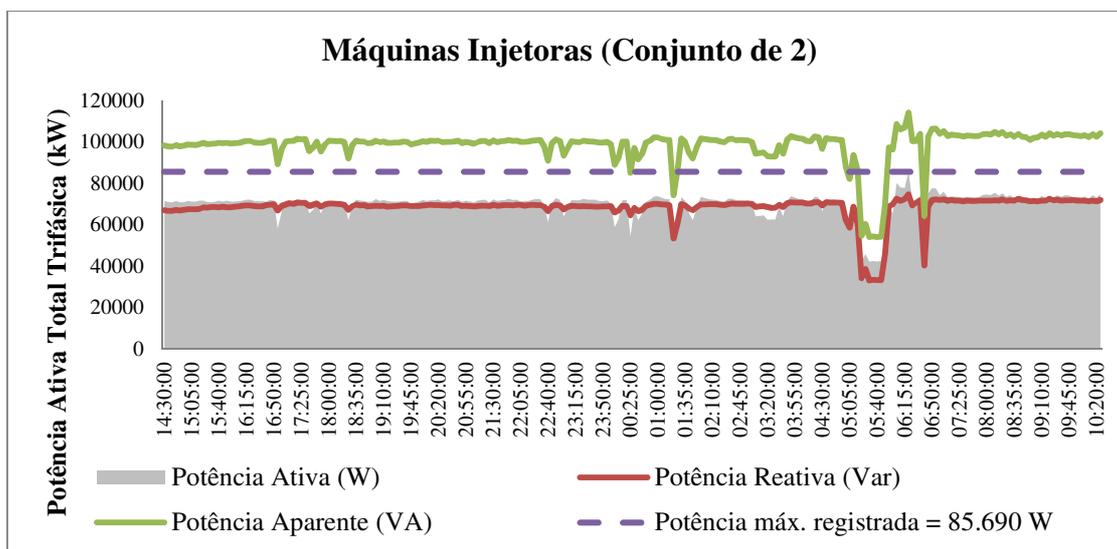
Tabela 7.24 - Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 2)

PONTO 06 – MÁQUINAS INJETORAS (CONJUNTO DE 2)	
Tensão de atendimento	Faixa de tensão precária
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,70
Potência Aparente (VA)	98,45 kVA
Potência Ativa (W)	70,14 kW

Fonte: Resultado das Medições

A variação temporal da potência ativa total trifásica é apresentada na Figura 7.26.

Figura 7.26 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 2)



Fonte: Resultado das Medições

Os resultados das medições indicam que a energia não está sendo consumida e fornecida com qualidade para esse conjunto de máquinas. Observa-se que a faixa de tensão está nas condições precárias, o fator de potências se encontra abaixo do limite de 0,92 e ainda há a presença significativa de harmônicas de corrente.

A tensão de atendimento nesse ponto apresenta faixa de variação Precária ($189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233$) / ($109 \leq TL < 116$ ou $133 < TL \leq 140$) Volts. Sendo necessária a adoção de sistemas para controle e regulação de tensão, no intuito de não comprometer o funcionamento das máquinas.

Sabendo-se que cargas não lineares são fontes de harmônicos e podem causar sobrecarga no sistema, danos em equipamentos, mau funcionamento de equipamentos de proteção, recomenda-se o uso de filtros anti-harmônicos conectados em derivação no alimentador.

Corrigidas as distorções, também existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 40,0 KVAR.

A Tabela 7.25 apresenta o resultado das medições para o conjunto de máquinas injetoras selecionadas.

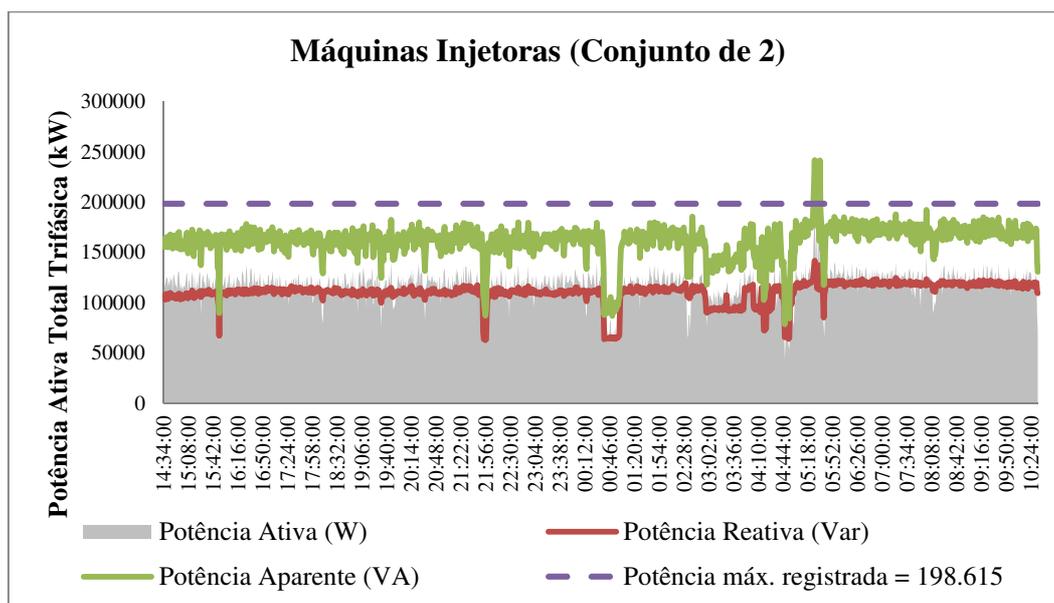
Tabela 7.25- Resultados das grandezas elétricas medidas nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 2)

PONTO 07 – MÁQUINAS INJETORAS (CONJUNTO DE 2)	
Tensão de atendimento	Faixa de tensão precária
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	Nível de harmônica normal
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,72
Potência Aparente (VA)	161542,00 VA
Potência Ativa (W)	117205,40 W

Fonte: Resultado das Medições

Através dos valores alcançados durante as medições foi elaborada a Figura 7.27, onde se verifica a variação temporal da potência ativa total trifásica.

Figura 7.27 - Potência ativa total trifásica nas Máquinas Injetoras (Conjunto de 2)



Fonte: Resultado das Medições

A tensão de atendimento nesse ponto apresenta faixa de variação Precária ($189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233$) / ($109 \leq TL < 116$ ou $133 < TL \leq 140$) Volts. Sendo necessária a adoção de sistemas para controle e regulação de tensão.

Verifica-se que o conjunto de máquinas injetoras apresenta baixo fator de potência. Nesse caso, também existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 61,0 KVAR.

A Tabela 7.26 apresenta o resultado das medições para o conjunto de compressores selecionados.

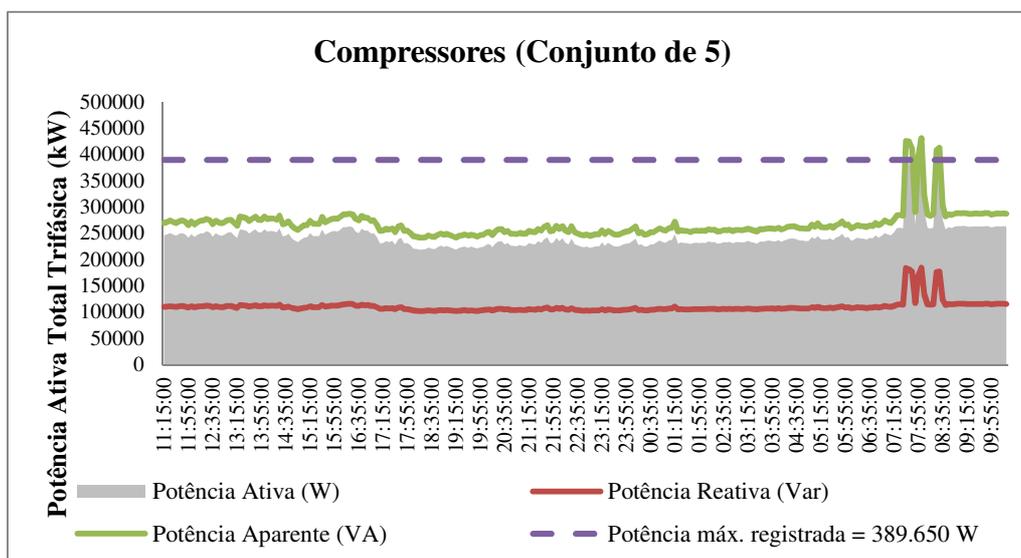
Tabela 7.26- Resultados das grandezas elétricas medidas nos Compressores (Conjunto de 5)

PONTO 08 – COMPRESSORES (CONJUNTO DE 5)	
Tensão de atendimento	Faixa de tensão precária
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,91
Potência Aparente (VA)	267,8 kVA
Potência Ativa (W)	243,8 kW

Fonte: Resultado das Medições

A variação temporal da potência ativa total trifásica é apresentada na Figura 7.28.

Figura 7.28 - Potência ativa total trifásica nos Compressores (Conjunto de 5)



Fonte: Resultado das Medições

A tensão de atendimento nesse ponto apresenta faixa de variação Precária ($189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233$) / ($109 \leq TL < 116$ ou $133 < TL \leq 140$) Volts. Sendo necessária a adoção de sistemas para controle e regulação de tensão. O conjunto de compressores apresenta baixo fator de potência e presença de harmônicos de corrente na rede. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 7,0 KVAR.

A Tabela 7.27 apresenta o resultado das medições para o compressor selecionado.

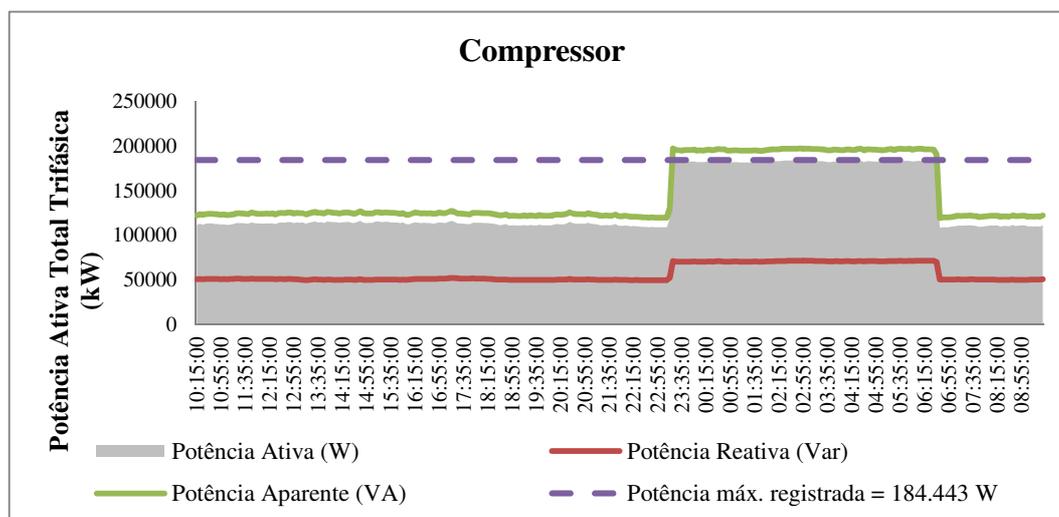
Tabela 7.27 - Resultados das grandezas elétricas medidas no Compressor

PONTO 09 – COMPRESSOR	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,91
Potência Aparente (VA)	146,2 kVA
Potência Ativa (W)	134,6 KW

Fonte: Resultado das Medições

A variação temporal da potência ativa total trifásica é apresentada na Figura 7.29.

Figura 7.29 - Potência ativa total trifásica no Compressor



O compressor apresenta baixo fator de potência e a presença de harmônicas de corrente na rede. Pode-se sugerir que a energia não está sendo consumida corretamente no equipamento. Corrigidas as distorções, existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 2,7 KVAR.

A Tabela 7.28 apresenta o resultado das medições para o conjunto de *Chillers* selecionados.

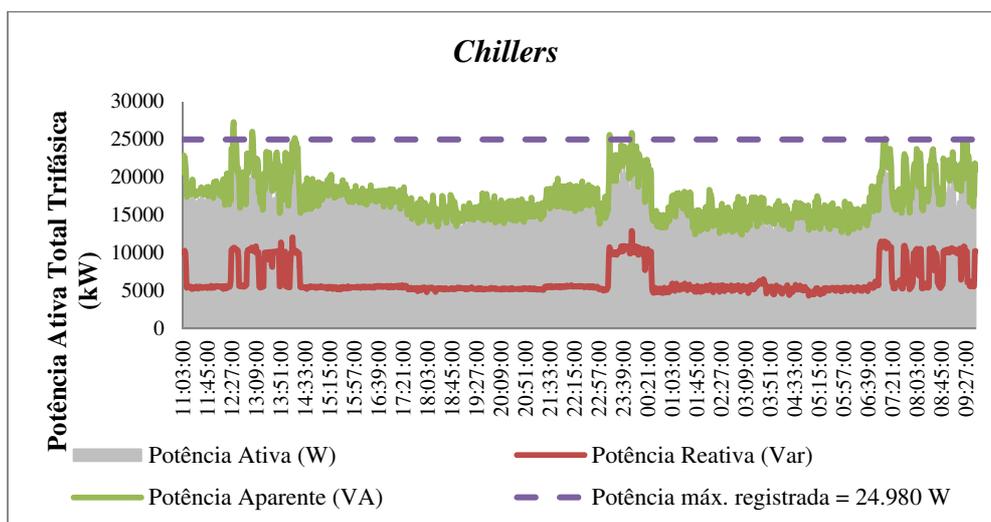
Tabela 7.28 - Resultados das grandezas elétricas medidas nos *Chillers*

PONTO 10 – CHILLERS	
Tensão de atendimento	Adequada
Correntes	Fases balanceadas
Harmônica de tensão THD V	Nível de harmônica normal
Harmônica de corrente THD I	THD I compreendido entre 10% e 50% revela uma poluição harmônica significativa.
Frequência (Hz)	Oscilações normais
Fator de potência	0,91
Potência Aparente (VA)	17331,44 VA
Potência Ativa (W)	15905,44 W

Fonte: Resultado das Medições

A variação das potências totais ao longo da medição é apresentada na Figura 7.30.

Figura 7.30 - Potência ativa total trifásica nos Chillers



Fonte: Resultado das Medições

O *chiller* apresenta baixo fator de potência e a presença de harmônicas de corrente na rede, observa-se que a máquina opera no limite de utilização da capacidade aparente. Corrigidas as distorções, existe a possibilidade de instalação de banco (s) de capacitor (es) para a correção do fator de potência. A potência total do capacitor a ser instalado para a compensação almejada será de 1,2 KVar.

8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na caracterização do consumo verificou-se que setor industrial responde pela maior parcela do consumo mundial de energia. Seguindo a tendência internacional, a indústria brasileira é a principal consumidora de energéticos e eletricidade por classe consumidora. Quanto ao consumo dos setores industriais selecionados nessa pesquisa, a nível nacional, observa-se que a indústria de fabricação de produto de Material Plástico se desponta com 5% do consumo nacional, seguida pela indústria de fabricação de bebidas com 2% e de fabricação de aparelhos e materiais elétricos 1%.

Considerando que o setor industrial amazonense consumiu 1.787,0 GWh em 2014 segundo os dados da EPE apontados, é possível estimar a parcela de participação das indústrias investigadas nessa dissertação no consumo industrial do estado Amazonas. Verifica-se que a Indústria de Materiais Plásticos consumiu 37,78 GWh em 2014, participando com aproximadamente 2 % no consumo industrial no Amazonas, já a Indústria Eletroeletrônica que consumiu 10,66 GWh e participou com aproximadamente 0,6% do consumo no mesmo ano, por fim, a Indústria de Bebidas que consumiu 8 GWh, participando assim, com 0,45% do consumo em 2014. Esse resultado sugere que a representatividade dos segmentos analisados nesta pesquisa, no consumo de energia industrial Amazonense, foi de 3,05% em 2014.

Apurou-se que a eletricidade é a principal fonte de energia do setor industrial brasileiro, com 20,2% do consumo total de insumos energéticos, segundo Balanço Energético Nacional (EPE, 2015). Com relação ao consumo de insumos energéticos pelas indústrias do Estado do Amazonas, não foi possível obter na literatura dados referenciais.

No entanto, no Pré-diagnóstico Energético, os dados obtidos no Projeto EFICIND, confirmam a informação do BEN, e ainda apontaram que as indústrias do estado do Amazonas possuem um nível de dependência maior de eletricidade com relação à média nacional. De acordo com os resultados, tem-se que na Indústria de Bebidas a eletricidade é a principal fonte de energia (85%), o mesmo ocorre com a Indústria de fabricação de Materiais Plásticos (87%), a indústria Eletroeletrônica não apresentou o quantitativo de insumos utilizados.

Na análise tarifária da Indústria de bebidas realizada, constatou-se o registro de excedente de demanda ponta em 2013, e em 2014 a demanda excedeu o limite de ultrapassagem durante seis meses, mesmo após a revisão tarifária. Sugeriu-se a elevação da demanda contratada na ponta para 1.550 kW para evitar o pagamento de excedente de demanda. Não foi observado excedente de demanda no horário fora da ponta. Foi notado que a empresa possui o cuidado com o controle das contas de energia, pois faz o acompanhamento através de planilhas de consumo, demanda e tarifas.

Na avaliação tarifária da indústria Eletroeletrônica, concluiu-se que demanda contratada na ponta e fora de ponta atende a realidade da empresa, logo, não se examinou a necessidade de uma nova mudança nas condições contratuais. Do mesmo modo que a indústria de Bebidas, a equipe de gestão da energia acompanha todas as contas de energia.

Já na indústria de fabricação de Materiais Plásticos não há monitoramento das contas de energia. Identificou-se ainda, a falta de conhecimento técnico da equipe de gestão quanto aos significados dos parâmetros contidos nas contas de energia. Esta situação se reflete na análise tarifária que apresentou pagamento de excedente de demanda contratada na ponta e fora de ponta ao longo de 2014. A proposta para esta instalação foi a revisão da demanda contratada na ponta para 6.600 kW e, para a demanda fora da ponta, 6.700 kW. Esta revisão contratual seria o primeiro passo para evitar os altos valores pagos pela empresa devido ao excedente de demanda registrado. Outra solução seria a realização de auditorias e avaliações da eficiência energética em todos os sistemas consumidores a fim de identificar e sanar as perdas de energia identificadas nas medições realizadas.

A partir dos dados dos questionários *online*, observou-se que os principais sistemas consumidores das indústrias analisadas tiveram o perfil de consumo de eletricidade semelhante ao da indústria brasileira fornecida pelo BEU. Identificou-se também, que a força motriz tem uma participação significativa no consumo de energia elétrica. Os *scorecards* auxiliaram no pré-diagnóstico energético, principalmente no direcionamento da seleção dos pontos para as medições. No entanto, os levantamentos de campo com a equipe técnica do projeto foram essenciais e decisivas para a validação dos resultados.

No contexto do trabalho, foi possível comparar os níveis de utilização da capacidade instalada para os segmentos estudados. Primeiramente identificou-se que a Indústria de Bebidas avaliada operou com 67% capacidade instalada em 2014, seguindo o ritmo da média nacional das indústrias de bebidas que foi equivalente a 69,05%. Por sua vez, a Indústria de fabricação de Materiais Plásticos avaliada operou com 75% da capacidade ao longo de 2014, com percentual ligeiramente inferior ao ser comparada com a média nacional das indústrias de materiais plásticos nacional com 82,20%. Essas duas indústrias operaram próximas à média da indústria brasileira total de 81,5%. É válido ressaltar que muitas vezes esse fator é associado à sazonalidade dos setores e ao ritmo econômico do país, com reflexos na produção, geração de empregos e faturamento.

Embora a indústria Eletroeletrônica não tenha informado sua capacidade de produção, é possível comparar a média do segmento a nível nacional fornecida pela CNI de 84,4%, com a média de utilização da indústria brasileira de 81,5%. Considerando que parcela significativa das indústrias de fabricação de eletroeletrônicos se encontra no Amazonas, pode-se atribuir esse desempenho satisfatório aos altos valores de faturamento e representatividade da indústria de eletroeletrônicos.

A determinação dos indicadores de eficiência energética nas indústrias selecionadas contribuiu para comparar os consumos entre as indústrias e com os dados encontrados na literatura. Estimou-se que a indústria de Materiais plásticos é a que possui o uso mais intenso de energia para a fabricação dos produtos (9,40 GJ/ton), esse alto CE encontrado, reflete no uso pouco eficiente da energia nos processos.

A Indústria de Bebidas apresentou um consumo específico equivalente a 198 kWh/ton, abaixo da média nacional divulgada de 379,3 MJ/ton em 2004. Também é possível comparar o CE encontrado com o consumo específico estimado por Silva e Rossi (2012) de 122 kWh/ton para uma indústria de Alimentos e Bebidas de grande porte. Com esses dados sugere-se que a indústria analisada possui potencial para eficiência energética considerando que ainda tem metas de redução de consumo.

O consumo específico de energia encontrado na Indústria Eletroeletrônica foi de 3,28 kWh/peça, valor considerado o mais baixo entre todas as indústrias analisadas. Os processos

envolvidos nesse segmento não incluem uso intenso de eletricidade. Este valor encontrado pode servir como base de dados para indústria de eletroeletrônicos já que não foi encontrado na literatura dados oficiais de consumo específico no setor em níveis regionais e nacionais.

O mapeamento da curva de carga é um importante instrumento para o planejamento estratégico de distribuição de energia, através dele, é possível conhecer o perfil de demanda por energia elétrica da instalação. Os fatores de carga das indústrias foram calculados de acordo com as faturas fornecidas, os maiores fatores cargas foram identificados nos horários de ponta, onde as empresas estavam em plena atividade.

Foi observado que Indústria Eletroeletrônica apresentou os menores valores de fator de carga, entre 47% e 57%, demonstrando haver oportunidades para o uso racional da energia elétrica. É importante ressaltar que boa parte das reduções de potência instalada foi sugerida a essa indústria. A Indústria de Materiais Plásticos apresentou elevados indicadores de fator de carga. Com relação aos preços médios da energia nas indústrias avaliadas, constatou-se que todas as indústrias se encontram abaixo da média de preços de energia nacionais. Sugere-se que esse baixo impacto econômico seja uma das razões para o pouco interesse em programas de eficiência energética. Deve-se salientar que os iminentes aumentos de tarifa de energia elétrica a serem aprovados pela ANEEL, devem impulsionar a adesão aos programas de economia de energia.

Através das medições realizadas nas instalações indústrias foi possível verificar as grandezas elétricas que impactam na qualidade da energia dos principais sistemas consumidores. Na indústria de Bebidas foi encontrado um baixo valor de fator de potência nas câmaras de refrigeração, esse fator é corrigido com o banco de capacitores da empresa que, no entanto, não extingue os problemas internos da instalação. O baixo valor de fator de potência pode causar transtornos no circuito que vão desde desperdício de energia elétrica até aquecimento que pode causar queima de equipamentos. Para esta instalação estimou-se a oportunidade de redução na potência instalada em aproximadamente 540 CV. Essa redução proporcionaria economia de energia elétrica e custos operacionais.

Na avaliação das grandezas elétricas aferidas na Indústria Eletroeletrônica identificou-se que a energia está sendo consumida de forma regular, pois, os sistemas apresentaram poucos distúrbios. As áreas fabris de 380 V e 440 V apresentaram baixo fator de potência, com presença

de distorções harmônicas na área de fabricação de peças, isto se deve a presença de equipamentos e máquinas não lineares. Para esta instalação estimou-se a oportunidade de redução na potência instalada em aproximadamente 1.220 CV, de modo evitar a subutilização da capacidade da instalação. Entende-se que cada instalação deve estudar e com profundidade as possibilidades de diminuição da capacidade instalada, antes da tomada de decisão, observando a sazonalidade de produção e o planejamento de expansão.

Finalmente nas medições realizadas na Indústria de Materiais Plásticos um dos problemas mais frequentes encontrados nas máquinas de injeção foi o baixo fator de potência, a empresa paga grande valor de excedentes de reativos e possui seus bancos de capacitores inativos e sem manutenção. A energia reativa inviabiliza a plena utilização da capacidade instalada, condicionando a instalação de novas cargas e investimentos. Além disso, o custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos cresce com o aumento da energia reativa. Dessa forma conclui-se que nesta instalação a energia esta sendo consumida com alta intensidade e pouca eficiência em face dos parâmetros avaliados.

No intuito de se padronizar as medições e análises realizadas e inserção de tecnologias mais eficientes, sugere-se às indústrias a adoção do Guia Nacional de Medição e Verificação (M&V) além da adoção de Sistemas de Gerenciamento e Conservação de energia para os sistemas consumidores.

O potencial de eficiência energética no setor industrial é bastante significativo, pois é o setor que mais consome energia no Brasil. Mas ainda existem muitas dificuldades e barreiras a serem superadas para a execução de projetos de eficiência energéticas no setor industrial e nessa pesquisa algumas dificuldades foram encontradas. Uma delas foi baixo interesse das indústrias em participar no projeto e resistência no fornecimento de dados de caracterização de produção e consumo de energia, mesmo com o compromisso de sigilo das informações. Essas barreiras impossibilitaram o nível de detalhamento das informações.

Através desse estudo foi possível extrair uma variedade de informações a respeito do consumo de energia nas indústrias no PIM. Conclui-se que os indicadores de eficiência energética são instrumentos fundamentais para identificar os potenciais de eficiência energética nos sistemas industriais, dessa forma devem ser avaliados periodicamente. Os benefícios

provenientes da conservação de energia em âmbito industrial são grandes, pois auxiliam na melhoria do desempenho energético e aumento da confiabilidade na operação dos sistemas consumidores.

8.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, que retomem a temática da avaliação dos indicadores de eficiência energética e qualidade da energia aqui apresentados, podem ser desenvolvidas as análises de estudos de potencial para eficiência energética em termos econômicos e de mercado. No cenário econômico, busca-se examinar até que ponto seria oportuno investir em evitar o uso da energia antes de expandir o sistema. E no cenário de mercado, consideram-se as medidas para a redução de custos ao usuário quanto a tarifa de eletricidade a que está submetido.

Sugere-se ainda a realização de prospecção de tecnologias e processos, para as instalações industriais, relacionando o potencial de emissões de gases do efeito estufa evitados devido ações de eficiência energética. Tendo em vista a escassa literatura, análises e estimativas de eficiência energética nos demais segmentos do Polo Industrial de Manaus podem ser realizadas a fim de dar continuidade a este projeto, visando um maior detalhamento e aprofundamento dos temas abordados.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB. ASEA BROWN BOVERI (ABB). Trends in global energy efficiency 2011. An analysis of industry and utilities. 2011.

ASEA BROWN BOVERI. (ABB). Trends in global energy efficiency 2011. An analysis of industry and utilities. 2013.

AEMC INSTRUMENTS. Produtos: Power Pad. Three-Phase Power Quality Analyzers. Disponível em: <<http://www.aemc.com>>. Acesso em: 14 de março de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Condições de fornecimento de energia elétrica. Resolução Normativa N^o 414/2010. Direitos e Deveres do Consumidor de Energia Elétrica. Atualizada até REN 499/2012. Brasília, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA (CERVBRASIL). Anuário 2014. São Paulo, 2015. Disponível em:< www.cervbrasil.org.br>. Acesso em junho de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO (ABIPLAST). Perfil 2014. Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico. São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). Mudanças Climáticas: Desenvolvimento de uma economia Global de Baixo Carbono. Setor Elétrico e Eletrônico. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). A Indústria Elétrica E Eletrônica Impulsionando a Economia Verde e a Sustentabilidade. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). Excelência no uso da Energia Elétrica. Abordagem de Problemas e Soluções. Abine Tec, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA (ABIQUIM). Histórico de Desempenho 2013. Programa Atuação Responsável. São Paulo, 2014.

AUSTRALIAN INDUSTRY GROUP (AIGROUP). Saving energy in the beverage manufacturing industry. Energy saving fact sheet, 2012. Disponível em:< www.aigroup.com.au>. Acesso em 23 de março de 2015.

BAJAY, Sérgio Valdir; GORLA, Filipe Debonzi; ROCHA, Carlos Roberto. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria: Relatório Setorial: alimentos e bebidas. Brasília: CNI, 2010. 60 p. (Relatório 3)

BECKER, B. K. Reflexões sobre hidrelétricas na Amazônia: água, energia e desenvolvimento. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas Belém, v.7, n.3, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1981-81222012000300011>>. Acesso em 09 de março de 2014.

BENEVALDO, P. G. *et al.* Avaliação de impactos harmônicos na rede elétrica através dos indicadores THD e fator de potência utilizando lógica fuzzy. Revista Brasileira de Energia. Volume 19. Número 1, pp.9-27. 2013.

BEVERAGE INDUSTRY ENVIRONMENTAL ROUNDTABLE (BIER). Beverage Industry Continues to Drive Improvement in Water and Energy Use. 2013 Trends and Observations. Antea Group. 2015.

BRASKEM. Relatório Anual 2014. Disponível em:< <http://www.braskem-ri.com.br/relatorios-anuais>>. Acesso em 23 de Agosto de 2015.

CAPELLI, A. Energia Elétrica: Qualidade e Eficiência para Aplicações Industriais. 1. ed. Sao Paulo: Erica Ltda., 2013. 272 p.

CARBON TRUST. Food and drink processing. Introducing energy saving opportunities for business. United Kingdom. London, 2012.

CARDOSO, A. O. As faces da indústria metalúrgica no Brasil: Uma contribuição à luta sindical Confederação Nacional dos Metalúrgicos. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. São Paulo, 2015.

CAUSO, A. F. T. Mecanismos políticos para promoção da eficiência energética e geração renovável em edificações : um estudo de caso da Alemanha e aplicações para o Brasil. 2013.

197f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2013. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000912677>>. Acesso em 07 de março de 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Estatísticas. Tema: Atividade Industrial. 2015. Disponível em: <www.portaldaindustria.com.br/>. Acesso em 23 de Agosto de 2015.

DOMINGUES, Silvia Angélica. A indústria de alimentos e bebidas no Brasil: uma análise da dinâmica tecnológica e das estratégias de inovação de suas empresas entre 1998 e 2005. / Silva Angélica Domingues.-- Tese (doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.. Campinas,SP.: [s.n.], 2008.

ELETROBRÁS AMAZONAS ENERGIA. Mercado de energia. 2011. Disponível em: <<http://www.eletrbrasamazonas.com/cms/empresa/mercado-de-energia/>>. Acesso em 15 de julho de 2014.

ELETROBRAS. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: Classe Industrial. Alta Tensão. Relatório Setorial: Artigos de borrada e material plástico. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2007. (Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil).

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015. Ano base 2014. Ministério das Minas e Energia – MME. Rio de Janeiro, 2015a.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Anuário estatístico de energia elétrica 2014. Ministério das Minas e Energia – MME. Rio de Janeiro, 2015b.

EPE. Nota técnica DEA 03/15: Projeção da Demanda de Energia para os próximos 10 anos (2015-2045), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2015.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Avaliação da Eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019). Ministério de Minas e Energia. Nota técnica DEA 14/10. Série: Estudos da Demanda. Rio de Janeiro. Julho de 2010.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Avaliação da Eficiência Energética para os próximos 10 anos (2012-2021). Ministério de Minas e Energia. Nota Técnica DEA 16/12. Série: Estudos de Demanda. Rio de Janeiro. Dezembro de 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia - 2030. Ministério das Minas e Energia - MME. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_11.pdf>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2014.

ESTUDO DE PROSPECÇÃO DE POTENCIAL PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (EFICIND). Meta Física 4: “Caracterizações setoriais dos segmentos selecionados. Atividade 3: Caracterizações setoriais preliminares da Região Norte”. Núcleo Interdisciplinar de Energia, Meio Ambiente e Água (NIEMA), Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, 2013.

EUROMONITOR INTERNACIONAL. Global Soft Drinks Market. 2014.

GARCIA, C. D. Avaliação e Minimização Numérica do Desequilíbrio de tensão: estimativa por Análise da Sensibilidade Incremental e Soluções Analíticas. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Elétrica Publicação PPGENE. DM-319/07, Brasília, DF, 82p. (2007).

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (FIRJAN). Quanto custa a energia elétrica no Brasil e no Mundo para o Setor Industrial? 2015. Disponível em <<http://www.firjan.com.br/quantocustaenergia/>>. Acesso em: 20 de julho de 2015.

GOLDEMBERG, J. Energia e desenvolvimento sustentável. São Paulo: Editora Blucher, 2010. p. 13, 47-50.

GORLA, Filipe Debonzi, Potencial Técnico de Conservação de Energia na Indústria Brasileira, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 146 p. Dissertação (Mestrado).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Indicadores IBGE 2014: Pesquisa Industrial Mensal de Produção Física.

IBIS WORLD INDUSTRY REPORT (IBISWORLD). Soda production in the US. IBISWorld Inc. 2013.

IEA. International Energy Agency. OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency. Key Insights from IEA Indicator Analysis. Energy Indicators. 2008.

IEA. International Energy Agency. .OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. Key World Energy Statistics. 2014.

IEEE 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems (ANSI). IEEE, New York.1992.

IMS POWER QUALITY. Produtos: Smart, P600. Disponível em: <<http://www.ims.ind.br/>>. Acesso em: 14 de março de 2015.

RIVAS, A. A. *et. al.* Instrumentos econômicos para a proteção da Amazônia: a experiência do Pólo Industrial de Manaus. 1. Ed. Curitiba: Editora CRV. Co-Editora: PIATAM. 2009

KANUNGO, A., SWAN, E., 2008. All electric injection molding machines: how much energy can you save? In: Proceedings from the Thirtieth Industrial Energy Technology Conference 2008, May 6e9, New Orleans, LA. In MADAN

KAWANO, B. R. Otimização na Indústria de Laticínios: Oportunidades de Eficiência Energética e Econômica. Dissertação de Mestrado. Planejamento de Sistemas Energéticos. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP: [s.n.], 2013.

KE, J.; PRICE, L.; MCNEIL, M. *et.. al.* Analysis and practices of energy benchmarking for industry from the perspective of systems engineering. Energy. V. 54. p32-44. 2013.

KIRIN BEER UNIVERSITY REPORT (KIRIN). Global Beer Production by Country in 2013. 2014. Disponível em: <http://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2014/0808_01.html>. Acesso em 10 de Agosto de 2015.

LEITE, A. A. F. et al. Oportunidade de eficiência energética para a indústria: indústrias não energo-intensivas. Confederação Nacional da Indústria (CNI). 53 p. Brasília, 2010.

LEMOS, C. M. R. Métodos expeditos indiretos de Análise de Eficiência de Equipamentos de Produção de Energia Térmica, nomeadamente Chillers. Dissertação. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Abril. Porto, 2011.

MADAN, J. *et. al.* Energy performance evaluation and improvement of unit-manufacturing processes: injection molding case study. Journal of Cleaner Production. P157-170. 105. Elsevier. 2015.

MARQUES, M. C. S. *et al.* Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações. Terceira. ed. Itajubá, 2006.

MARQUES, M., HADDAD, J. e MARTINS, A. Conservação de Energia: Eficiência energética de equipamentos e instalações. Itajubá: FUPAI, 2006.

MARTINHO, E. Distúrbios da Energia Elétrica. Qualidade de Energia, conceitos, cuidados, soluções e normatização. 1ª Edição. Editora Érica, 2009.

MASOUM, M. A. S; FUCHS, E. F. Qualidade da Energia em Sistemas de Potência e Máquinas Elétricas. 2ª. Edição. Academic Press. Elsevier. Oxford, 2015.

MATHIAS, F. R. C. Diagnóstico Energético e Gestão da Energia em uma planta petroquímica de primeira geração. Mestrado em Planejamento de Sistemas energéticos (Dissertação). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2014

MENDES, J. E. A. Eficiência energética aplicada na indústria de bebidas em sistemas de refrigeração e ar comprimido: estudo de caso. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/handle/11449/99353>>. Acesso em 20 de Abril de 2015.

MENDES, J. E. A.; SOBRINHO, P. M., Modulação de Compressores de Grande Porte em um Sistema de Refrigeração – Estudo de Caso. Em: Congresso Internacional de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação - Mercofrio 2012, 8. Porto Alegre, 2012.

NATIONAL POLICY & LEGAL ANALYSIS NETWORK (NPLAN). Breaking Down the Chain: A Guide to the Soft Drink Industry. Change Lab Solutions. 2012.

OLIVEIRA, T. H; HELLENO, A. L. Sistema de apoio à gestão da produção: indicadores de eficiência operacional – estudo de caso. Revista de Ciência & Tecnologia V. 17, n. 33, p. 39-52, jan./jun. 2012.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Diário da Operação: 9 de julho de 2013. Disponível em: <http://www.ons.org.br/resultados_operacao/boletim_diario/>. Acesso em 06 de junho de 2014.

PAULILO, G. Capítulo III - Desequilíbrios de tensão. O Setor Elétrico, Santa Cecília (SP), edição 86, março de 2013.

PLASTICS EUROPE. Plastics – the Facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2014/2015. 2015. Disponível em: <<http://www.plasticseurope.com>> Acesso em: 26 de outubro de 2011.

PROCEDIMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL (PRODIST). Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Revisão 6, 2015.

PROCOBRE – INSTITUTO BRASILEIRO DO COBRE. Harmônicas nas instalações Elétricas. Causas, efeitos e soluções. 1ª. Edição. São Paulo (SP), 2001.

REDUCED ENERGY CONSUMPTION IN PLASTIC ENGINEERING (RECIPE). Low Energy Plastics Processing. European Best Practice Guide. Intelligent Energy. 2006.

RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS (RAIS). Ano Base 2014. Ministério de Trabalho e Emprego 2014

ROMERO, M. A.; REIS, L. B. Eficiência Energética em Edifícios. Série Sustentabilidade. Editora Manole. 1ª. Edição. Barueri, SP. 2012.

SANTOS, M. S. Cervejas e refrigerantes. Série P+L. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). São Paulo, 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. DEPARTAMENTO DE ESTUDOS, PESQUISAS E INFORMAÇÕES (DEPI). Balança Comercial do Estado do Amazonas. 1º. Semestre de 2015. Secretaria de Estado de Planejamento, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação (SEPLANCTI). Governo do Estado do Amazonas. Manaus, 2015.

SEPLAN. Secretaria de Estado e Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Perfil Econômico do município de Manaus. Governo de Estado do Amazonas. I. Título. Ed. Atual. Manaus, 2010.

SILVA, R. P. B; ROSSI, L. A. Análise do uso da energia elétrica em instalações do segmento de alimentos e bebidas. Revista Brasileira de Energia. Volume 18. No. 02, 2º. Pp.35-49. Semestre de 2012.

SILVA, R. R. Modelagem de Sistemas Energéticos Industriais para Cômputos de Potenciais de Ganhos de Eficiência Energética: Aplicações à Indústria Brasileira. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, 2013.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DE MATERIAL PLÁSTICO, TRANSFORMAÇÃO E RECICLAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDIPLAST). Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de matérias plásticas. Série P+L. 1ª. Edição. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.sindiplast.org.br/site/meio-ambiente>>. Acesso em 05 de janeiro de 2015.

SISTEMA DE CONTROLE DE PRODUÇÃO DE BEBIDAS (SICOBEB). Produção Cervejas e Refrigerantes. 2015. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/>>. Acesso em 12 de Agosto de 2015.

SOUZA, R. P.; CARTAXO, E. F.; FIGUEIREDO, C. A.; FREITAS, T. A.; PATRICIO, F. O. A. Potencial para eficiência energética em segmentos do polo industrial de Manaus/AM. In: XI Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica, 2015, Campina Grande/PB. Anais do XI CBQEE, 2015.

SPIERING, T. *et. al.* Energy efficiency benchmarking for injection moulding processes. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 36. P45-59. Elsevier. 2015.

SUFRAMA. Superintendência da Zona Franca de Manaus. Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus 2008 - 2013. Governo Federal. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. 2014.

SUFRAMA. Superintendência da Zona Franca de Manaus. Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus 2010 - 2015. Governo Federal. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Manaus, 2015.

TANGRAM TECHNOLOGY. Energy Efficiency in Plastic Processing: Practical Worksheets for industry. Disponível em: <<http://www.tangram.co.uk/>>. Acesso em 25 de março de 2015.

VIANA, A. N. C; BORTONI, E. C; NOGUEIRA, F. J. H; *et al.* Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações. 1ª Edição, Campinas (SP), Editora Elektro, 2012.

WEG. Eficiência energética em injetoras plásticas. Artigo Técnico. Julho, 2009. Disponível em: <<http://www.weg.net/eficienciaenergetica/sistemas-industriais/injetoras/>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2015.