

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
RECURSOS DA AMAZÔNIA

**A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE
ELETROELETRÔNICOS DO POLO INDUSTRIAL DE
MANAUS: DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO E NOVAS
POSSIBILIDADES**

ALLAN KARDEC CRAVEIRO DE LIMA

MANAUS
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
RECURSOS DA AMAZÔNIA

ALLAN KARDEC CRAVEIRO DE LIMA

A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE
ELETROELETRÔNICOS DO POLO INDUSTRIAL DE
MANAUS: DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO E NOVAS
POSSIBILIDADES

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Recursos da Amazônia, linha de pesquisa em Energia.

Área de concentração: Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Willamy Moreira Frota

MANAUS
2014

Ficha Catalográfica

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

L732e Lima, Allan Kardec Craveiro de
A eficiência energética em uma indústria de eletroeletrônicos do Polo Industrial de Manaus: desafios de implantação e novas possibilidades / Allan Kardec Craveiro de Lima. 2014
143 f.: il. color; 30 cm.

Orientador: Willamy Moreira Frota
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Eficiência energética. 2. Diagnóstico energético. 3. Polo Industrial de Manaus. 4. Sistema de Gestão de Energia. 5. Microusina fotovoltaica. I. Frota, Willamy Moreira II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

ALLAN KARDEC CRAVEIRO DE LIMA

**A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA DE
ELETROELETRÔNICOS DO POLO INDUSTRIAL DE
MANAUS: DESAFIOS DE IMPLANTAÇÃO E NOVAS
POSSIBILIDADES**

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Recursos da Amazônia da Universidade Federal do
Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Mestre em Engenharia de Recursos da
Amazônia, linha de pesquisa em Energia.

Área de concentração: Recursos Naturais.

Aprovada em 04 de novembro de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Willamy Moreira Frota - Orientador
Presidente

Prof.^a Dr.^a. Elizabeth Ferreira Cartaxo
Membro

Prof. Dr. Carlos Alberto Figueiredo
Membro

* O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPG-ENGRAM.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo privilégio da vida e por conceder a coragem para enfrentar dificuldades e proporcionar a determinação para alcançar as vitórias.

A minha família, em especial meus pais Allan Rodrigues Lima (in memorian) e Maria Craveiro de Lima, que desde sempre me ensinaram a importância dos estudos na vida de uma pessoa de bem.

A minha esposa e companheira Danielly Dias, pelo seu incondicional apoio nos estudos.

A UFAM e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia, PPG-ENGRAM, pela oportunidade de crescimento nos estudos e contribuição para a sociedade acadêmica e científica amazonense.

A CAPES pelo apoio financeiro.

Ao Prof. Dr. Willamy Moreira Frota pela orientação, observações sobre a pesquisa e disponibilidade em atender e elucidar questões, bem como aos professores, colegas, Secretaria e Coordenação do PPG-ENGRAM, em especial aos Professores Doutores Elizabeth Cartaxo e Carlos Figueiredo, pelas sábias palavras de incentivo, apoio e por apresentar a excelente e tão necessária ferramenta EFICIND.

Aos amigos Pedro Luis Sosa, Cristiane Freitas e toda a equipe do NUTAM/FUCAPI, pelo suporte na realização dos estudos, medições e discussões.

A empresa Technicolor, na pessoa de seu Diretor Wilson Périgo e toda sua equipe de Manutenção, SESMT e P&D, pela disposição, acesso às dependências da indústria e coleta de dados e parâmetros utilizados nesta pesquisa.

A FUCAPI, na pessoa da Diretora Presidente Isa Assef pelo apoio e oportunidade de capacitação.

Aos Beatles e ao Dream Theater, pela trilha sonora durante os dias escuros e noites em claro.

Recebam todos minha eterna gratidão.

A concepção da existência de Deus baseia-se num sentimento oriundo do benefício, como por exemplo, a crença na existência do Criador após contemplar o Sol e todo o bem que ele proporciona. Esta é, basicamente, a personificação da Sua existência: uma energia.

(Estudo Sistemático da Doutrina Espírita, adaptado)

RESUMO

Estabelecer padrões de indicadores de eficiência energética é algo desafiador para as indústrias brasileiras, em especial às empresas instaladas no Polo Industrial de Manaus, Amazonas, em todos os ramos de atividades industriais. Neste trabalho, os programas e leis relacionados a eficiência energética são revisados, bem como o cenário nacional e local do uso da energia industrial, nos quais são definidos eixos que resultam em ações diretas de investigação em uma fábrica de eletroeletrônicos do PIM, através de um diagnóstico energético, ações de substituição de equipamentos e complementos para compor uma aceitável avaliação de desempenho energético, buscando principalmente a redução de parte do consumo de energia elétrica. De posse dos resultados analisados as oportunidades de ganhos de eficiência energética foram demonstradas para os usos finais, principalmente em iluminação, indicando economia de energia na ordem de 40%. Foram utilizadas ferramentas tecnológicas de medição em áreas específicas e pesquisas de campo em equipamentos energointensivos e no processo produtivo, com a participação do autor desta dissertação, bem como consta o detalhamento de instalação e operação de uma microusina fotovoltaica dentro desta indústria. A operação, de forma pioneira, desta microusina, e as demais ações compõem novos princípios e possibilidades de se atingir um desenvolvimento empresarial sustentável e propiciar a perspectiva de implantação de um sistema de gestão de energia, baseado principalmente na norma ABNT NBR ISO 50001.

Palavras-chave: eficiência energética; diagnóstico energético; Polo Industrial de Manaus, Sistema de Gestão de Energia; microusina fotovoltaica.

ABSTRACT

Establish energy efficiency indicators standards is challenging for Brazilian industries, especially to companies located in the Industrial Pole of Manaus, Amazonas, in all branches of industrial activities. In this work, programs and laws related to energy efficiency are reviewed, as well as the national and regional setting of the use of industrial energy, in which are defined axes that result in direct action research in a electronics factory through a energy diagnosis, exchange of shares of equipment and accessories to compose an acceptable assessment of energy performance, mainly seeking the reduction of the power consumption. With the results analyzed the energy efficiency gains opportunities were demonstrated for end uses, especially in lighting, indicating energy savings in the order of 40%. Technological measurement tools were used in specific areas and field research in energy-intensive equipment and in the production process, with the participation of the author of this work, as well as contains the details of installation and operation of a photovoltaic microplant inside this industry. The pioneering operation in this microplant, and other actions comprise new principles and possibilities of achieving sustainable business development and facilitating the deployment perspective of an energy management system, mainly based on the ABNT NBR ISO 50001.

Keywords: Energy efficiency; energy diagnosis; Industrial Pole of Manaus, Energy Management System; Small plant of photovoltaic energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Oferta interna de energia elétrica por fonte	26
Figura 2. Cadeia de energia	30
Figura 3. Consumo de energia elétrica na indústria por uso final	31
Figura 4. Comparação do consumo de energia elétrica total e industrial entre 1999 e 2009.....	34
Figura 5. Representação de alguns conceitos de luminotécnica	35
Figura 6. Temperatura das cores e suas aplicações.....	38
Figura 7. Índice de reprodução de cores.....	38
Figura 8. Variação da eficiência luminosa de diversos tipos de lâmpadas em lm/k....	39
Figura 9. Tempo de vida útil em horas das lâmpadas	40
Figura 10. Iluminância de diversos ambientes.....	43
Figura 11. Fator de utilização da luminária (FU)	44
Figura 12. Modelo de Sistema de Gestão da Energia da ABNT ISO 50001:2011	50
Figura 13. Estrutura do consumo de eletricidade na rede por setor em indicadores nacionais pelo PDE 2020	52
Figura 14. Consumo brasileiro industrial de energia elétrica (TWh) e crescimento (%) no período de 2010 a 2013.....	52
Figura 15. Participação dos subsetores de atividades no faturamento do PIM de janeiro a agosto de 2014.....	53
Figura 16. Investimento e faturamento total e parcial do setor de eletroeletrônicos no PIM.....	54
Figura 17. Metodologia utilizada na pesquisa	58
Figura 18. (a) Área de testes e empacotamento dos equipamentos; (b) Área dos monitores para programação e testes dos equipamentos e (c) Área dos materiais para a produção	60
Figura 19. Linhas de luminárias no ambiente de estudo da fábrica.....	61
Figura 20. Luminária do tipo calha de 2400 mm.....	61
Figura 21. Reator POUP-HO, 2 x 110 W.....	62
Figura 22. Lâmpada LED TUBE	63
Figura 23. Características das lâmpadas tubulares LED da LED Star	63
Figura 24. Visão dos traçados “virtuais” para determinar o centro de cada malha	65
Figura 25. (a) Medidor Multi-K instalado com medição de tensão de fase e (b) Comunicador de dados Smart Gate M da Gestal.....	67
Figura 26. Tela inicial do software Smart 32	68
Figura 27. Tela de supervisão das grandezas elétricas.....	69
Figura 28. Tela de supervisão de harmônicos	70
Figura 29. Tela de relatório de energia elétrica	70
Figura 30. Imagem em satélite da empresa Technicolor.....	73
Figura 31. Inversor Grid-Tie da Outback Power TM.....	76
Figura 32. Banco de acumuladores em um sistema fotovoltaico.....	76
Figura 33. Controlador de carga da Outback Power Systems	77
Figura 34. Exemplo de painéis solares instalados em suporte metálico	79

Figura 35. (a) Conectores do tipo MC4 macho e fêmea; (b) Conectores MC4 para ligações em paralelo e (c) Exemplo de conexão dos cabos MC4 com os painéis.....	79
Figura 36. Sala de controle do Sistema Fotovoltaico da LACTEC na UFPR.....	80
Figura 37. Representação do conceito de desempenho energético.....	85
Figura 38. Consumo de energia elétrica geral da fábrica (dados em kWh)	88
Figura 39. Relação entre a demanda e o consumo de energia elétrica entre janeiro/2013 e setembro/2014.....	89
Figura 40. Demanda medida no período de 1º/agosto a 28/agosto de 2014	90
Figura 41. Consumo de energia elétrica das lâmpadas do ambiente de estudo medido entre 1º e 28/agosto	90
Figura 42. Demanda medida no período de 1º/setembro a 28/setembro	91
Figura 43. Consumo de energia elétrica das lâmpadas do ambiente de estudo, medido entre 1º/setembro a 28/setembro	91
Figura 44. Diagrama com o resultado, em lux, das medições em cada malha	92
Figura 45. Diagrama com comportamento do nível de iluminação em relação ao ponto médio medido	93
Figura 46. Posto de trabalho com luminária adicional.....	94
Figura 47. Isolinhas dos níveis de iluminância medidos no ambiente estudado	95
Figura 48. Consumo durante o mês de agosto de 2014.....	96
Figura 49. Consumo ocorrido em 1º de agosto de 2014	97
Figura 50. Consumo do dia 02 de agosto de 2014.....	97
Figura 51. Consumo do dia 03 de agosto de 2014.....	98
Figura 52. Consumo de energia medido nas quatro semanas de medição de setembro.....	99
Figura 53. Demandas máximas – média de uma curva de carga do dia 01/08/14.....	100
Figura 54. Demanda medida nas quatro semanas de medição do mês de agosto.....	101
Figura 55. Demanda medida nas quatro semanas de medição do mês de setembro.....	102
Figura 56. Demanda máxima média da curva de carga do dia 12 de setembro	102
Figura 57. Curvas de corrente e tensão médios diários em agosto	103
Figura 58. Curvas de corrente e tensão médios diários em setembro	104
Figura 59. Curva de carga diária nos meses de agosto e setembro	104
Figura 60. Comparativo de iluminância das lâmpadas utilizadas na área de estudo	108
Figura 61. (a), local de instalação do sistema fotovoltaico e (b), local da sala de controle do sistema.....	110
Figura 62. Vista lateral dos suportes metálicos e instalação da 1ª fileira de painéis.....	113
Figura 63. Configuração da montagem de um bloco gerador de painéis fotovoltaicos.....	113
Figura 64. Ligações elétricas dos painéis	114
Figura 65. Esquema de ligação elétrica dos painéis.....	114
Figura 66. Vista dos condutores chegando ao barramento.....	115
Figura 67. Disjuntores dos painéis	115

Figura 68. Vista parcial do banco de acumuladores	116
Figura 69. Quadro de fusíveis para proteção do sistema.....	117
Figura 70. Conexão dos condutores nos controladores de carga	117
Figura 71. Vista interna do inversor, onde se instala a conexão com o protetor de surto	118
Figura 72. Cabos conectados e vista do protetor de surto sobre o inversor	119
Figura 73. Início das conexões com os inversores.....	119
Figura 74. Instalação dos condutores de comunicação de dados.....	120
Figura 75. Parâmetros elétricos do controlador de carga 1	121
Figura 76. Parâmetros elétricos do controlador de carga 2	121
Figura 77. Parâmetros elétricos do controlador de carga 3	122
Figura 78. Parâmetros elétricos na saída de corrente alternada dos inversores.....	122
Figura 79. Parâmetros elétricos coletados, instantes após a coleta anterior	123
Figura 80. Parâmetros elétricos, demanda das cargas e potência fornecida.....	123
Figura 81. Parâmetros elétricos do controlador de carga 1 em um dia chuvoso	124
Figura 82. Parâmetros elétricos do controlador de carga 2 em um dia chuvoso	124
Figura 83. Parâmetros elétricos do controlador de carga 3 em um dia chuvoso	125
Figura 84. Parâmetros elétricos na saída de corrente alternada dos inversores.....	125
Figura 85. Parâmetros elétricos coletados cerca de uma hora após a coleta anterior.....	126
Figura 86. Parâmetros elétricos, demanda de carga e potência fornecida.....	126
Figura 87. Parâmetros elétricos coletados cerca de uma hora após a coleta anterior.....	127
Figura 88. (a) vista geral dos painéis e (b), vista dos painéis e da sala de controle...	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produto Interno Bruto Setorial (PIB).....	20
Tabela 2. Incentivos de demanda e oferta aos sistema fotovoltaicos e respectivos objetivos e ferramentas	28
Tabela 3. Contraste dos principais benefícios e barreiras aos sistemas fotovoltaicos.....	29
Tabela 4. Evolução do consumo de energia elétrica entre 1999 e 2009	34
Tabela 5. Geração de energia elétrica na cidade de Manaus	55
Tabela 6. Características de consumo da lâmpada LED	70
Tabela 7. Características do painel fotovoltaico da Mitsubishi Eletric.....	75
Tabela 8. Resultados esperados com a redução de energia	106
Tabela 9. Resultado da relação custo benefício do sistema de eficiência energética adotado no projeto	107

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo
BEN	Boletim Energético Nacional
BIG	Banco de Informações de Geração
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CA	Corrente Alternada
CAEAT	Conselho de Altos Estudos e Avaliação tecnológica
CC	Corrente Contínua
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética
CICE	Comissão Interna de Conservação de energia
CIE	International Commission on Illumination
CMM	Índice de Consumo Mensal Médio por metro quadrado
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
	Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás
CONPET	Natural
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DMF	Demanda Mensal por Funcionários
EFICIND	Estudo de prospecção de potencial para eficiência energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPIA	European Photovoltaic Industry Association
ESCOS	Empresas de Serviços de Conservação de Energia
FC	Fator de Carregamento
FCP	Fator de Coincidência na Ponta
FCa	Fator de Carga
FP	Fator de Potência
GEE	Gases do Efeito Estufa
GHG	Greenhouse Gas
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
HO	High Output
HSP	Hora de Sol Pleno
IDE	Identificador de Desempenho Energético
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRC	Índice de Reprodução de Cor
ISO	International Organization for Standardization
LACTEC	Laboratório de Ciência e Tecnologia
LED	Light Emitting Diode
	Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Altos Estudos e
LSF-IEE	Avaliação tecnológica
LTDA	Limitada
MC4	Multibranch Connector tipo 4

MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
NL	Número de lâmpadas no sistema existente
NR	Número de reatores do sistema existente
O&M	Operação e Manutenção
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PCH	Pequenas Central Hidrelétrica
PCT	Percentual de Consumo Total
PDE 2020	Plano Decenal de Expansão de Energia 2020
PEE	Programa de Engenharia Elétrica
PIA	Pesquisa Industrial e Anual
PIB	Produto Interno Bruto
PIM	Polo Industrial de Manaus
PL	Potência da lâmpada do sistema existente
PNE 2030	Plano Nacional de Energia 2030
PPC	Paridade do Poder de Compra
PR	Potência do reator do sistema existente
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico
PRODIST	Nacional
PROESCO	Apoio a Projetos de Eficiência Energética
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
RCB	Relação Custo-Benefício
RGR	Reserva Global de Reversão
SGE	Sistema de gestão de Energia
SIN	Sistema Interligado Nacional
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
tep	toneladas equivalentes de petróleo
THD	Taxa de distorção Harmônica Total
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UHE	Usina hidrelétrica
USP	Universidade de São Paulo
UTE	Usina termelétrica
VRLA	Valve-Regulated Lead-Acid

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Âmpere
CdTe	Telureto de Cádmio
CIGS	Disseleneto de Cobre, Gálio e Índio
CIS	Disseleneto de Cobre e Índio
CO ₂	Dióxido de Carbono
GaAs	Arseneto de Gálio
GW	Gigawatt
I	Corrente Elétrica
kW	Quilowatt
KvAr	Potência reativa
kWh	Quilowatt-hora
lux	lux
MWh	Megawatt-hora
MWp	Megawatt-pico
P	Potência
R\$	Real
TWh	Terawatt-hora
US\$	Dólar americano
W/m ²	Watt por metro quadrado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	19
1.1 JUSTIFICATIVA	21
1.2 OBJETIVOS	22
1.2.1 Objetivo geral	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	23
CAPÍTULO 2: ENERGIA E ELETRICIDADE.....	24
2.1 Fontes primárias de energia	24
2.2 Fontes alternativas de energia	25
2.3 A Energia Solar Fotovoltaica	27
2.3.1 Radiação solar sobre a Terra	27
2.4 Potencial de uso da Energia Solar Fotovoltaica na Indústria	28
2.5 Eficiência energética	30
2.5.1 Eficiência Energética na Indústria	31
2.5.2 Projeto EFICIND	32
2.6 Eficiência energética na Iluminação Industrial	34
2.6.1 Conceitos de Iluminação relevantes para projetos luminotécnicos industriais.....	35
2.6.2 Tipos de lâmpadas e suas Características	40
2.6.3 Projeto de Iluminação eficiente na indústria.....	42
2.7 Principais programas e políticas de eficiência energética no Brasil	45
2.8 Histórico de Decretos, Leis, Resoluções e Normatização referentes à Eficiência Energética	48
2.9 O setor de eletroeletrônicos do PIM	51
CAPÍTULO 3: MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
3.1 Considerações Iniciais	57

3.2	Caracterização da indústria de eletroeletrônicos onde se desenvolveu a pesquisa.....	58
3.2.1	Demanda de energéticos	59
3.3	Questionário de diagnóstico de eficiência energética	59
3.4	Eficiência energética no sistema de iluminação.....	60
3.4.1	Descrição do ambiente de estudo	60
3.4.2	Metodologia adotada na substituição das lâmpadas.....	62
3.4.3	Metodologia adotada para o estudo comparativo	63
3.5	Eficiência energética na implantação de um sistema de energia alternativa.....	70
3.5.1	Descrição da demanda de energia	70
3.5.2	Metodologia adotada na seleção do sistema	71
3.5.3	Descrição do sistema selecionado.....	72
3.6	Alternativas de redução de perdas	81
3.6.1	Economia de Energia e de Redução de Demanda na Ponta	81
3.7	Parâmetros para avaliação econômica no projeto de eficiência energética.....	82
3.7.1	Determinação dos custos evitados	82
3.7.2	Determinação da Relação Custo Benefício.....	83
3.8	Indicadores de desempenho energético	84
3.8.1	Aplicação da ISO 50001 e seus resultados diretos	85
	CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	88
4.1	Apresentação dos resultados da análise energética da empresa.....	88
	Consumo geral de energia elétrica.....	88
	Consumo de energia elétrica do ambiente de estudo.....	90
4.2	Estudo do sistema de iluminação	92
4.2.1	Resultado das medições do nível de iluminamento.....	92
4.2.2	Análise dos parâmetros elétricos das linhas de luminárias.....	95
4.2.3	Análise de alternativas de redução de perdas	105

4.3	Sistema Fotovoltaico.....	109
4.3.1	Considerações sobre o dimensionamento.....	109
4.3.2	Considerações sobre a instalação	109
4.3.3	Energia gerada e redução do consumo de energia.....	110
4.3.4	Redução de emissões de gases do efeito estufa.....	110
4.4	Discussão dos Resultados.....	111
4.5	Montagem da microunidade fotovoltaica – evidências e detalhamento da montagem, instalação e operação	113
4.5.1	Instalação dos acumuladores	116
4.5.2	Instalação dos controladores.....	117
4.5.3	Instalação dos inversores.....	118
4.5.4	Instalação dos equipamentos de comunicação e programação.....	120
4.6.	Características da inspeção no local	120
4.6.1	Primeira inspeção – dia ensolarado.....	121
4.6.2	Segunda inspeção – dia chuvoso	123
	CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES.....	128
5.1	Limitações da Pesquisa.....	130
5.2	Sugestões de melhorias e trabalhos futuros.....	131
	REFERÊNCIAS	132
	ANEXO A - QUESTIONÁRIO PARA PROPOSTA DE PROJETO DE P&D...	136
	ANEXO B – Principais indicadores de eficiência energética.....	140
	APÊNDICES.....	141

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A história da humanidade se confunde com a história da energia, visto que a primeira forma de energia utilizada pelo homem, visando sua sobrevivência, foi o seu próprio corpo. Posteriormente os mesmos descobriram a utilidade do fogo para sua alimentação e proteção e desde então, essa necessidade pela energia foi relacionada ao condicionamento ambiental e à iluminação artificial.

De acordo com Frozza (2013), esta necessidade vital diferencia o homem antigo do moderno principalmente pela quantidade de energia consumida por cada um, em suas épocas distintas, quando ocorre uma espécie de progressão e conseqüentemente aumento deste consumo, nas suas diversas formas, posto que esta demanda crescente relaciona-se diretamente com seu bem-estar e com sua evolução, ao longo dos séculos. De maneira paralela, o uso da energia acompanha o progresso da sociedade até os dias atuais.

Com o domínio da eletricidade, o uso de combustíveis fósseis e o surgimento dos diversos meios de transporte, o homem moderno passou a consumir uma quantidade de energia muito além daquela produzida para este fim, como moradia, indústria, agricultura e transporte. Segundo Goldenberg e Lucon (2007), no ano de 2003, cada um dos seis bilhões de habitantes do planeta consumiu em média cerca de um milhão de vezes o que consumia o homem primitivo, em termos de calorias, mostrando claramente um crescimento no consumo energético no decorrer no tempo.

A Empresa de Pesquisa Energética – EPE, de acordo com dados do Boletim Energético Nacional - BEN (2014), afirma que no Brasil, não diferente de outros países, um forte indicador da variação do consumo de energia é diretamente relacionado com o Produto Interno Bruto - PIB, índice este que define os bens e serviços finais em uma dada região, durante determinado período, indicando que setor energético é de suma importância para o desenvolvimento de uma nação continental como o Brasil. A Tabela 1 demonstra essa relação em diferentes setores econômicos nacionais, entre os anos de 2005 e 2013.

Tabela 1. Produto Interno Bruto Setorial (PIB)

	10 ⁶ US\$ ppc(2010)								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
TOTAL	1.753.177	1.822.551	1.933.570	2.033.566	2.026.861	2.179.558	2.239.121	2.262.208	2.313.888
SERVIÇOS	1.222.721	1.278.110	1.360.725	1.435.233	1.459.482	1.556.907	1.604.342	1.633.895	1.671.877
COMÉRCIAL E PÚBLICO ²	1.145.656	1.199.399	1.278.084	1.346.771	1.374.135	1.463.724	1.508.586	1.538.064	1.570.219
TRANSPORTES	77.065	78.711	82.641	88.462	85.347	93.184	95.757	95.832	101.658
AGROPECUÁRIO	82.167	86.135	90.320	96.046	93.086	98.961	102.823	100.416	107.466
INDÚSTRIA	362.732	371.145	391.659	406.958	380.379	425.536	432.264	425.890	430.149

Fonte: Boletim Energético Nacional (2014).

De acordo ainda com o Boletim Energético Nacional (2014), o PIB referente ao setor industrial saltou de US\$ 362,7 bilhões de dólares para exorbitantes US\$ 430,1 bi, e agregado a esse aumento verifica-se no decorrer do documento, um total consumido de 209 GWh referente ao consumo de energia do setor, correlacionando ao consumo de combustíveis fosseis, paralelamente obtém-se a marca de incríveis 235,7 tep/10⁶ US\$ de consumo final de energia para o setor industrial, no mesmo período, comprovando o crescimento da indústria e sua maior demanda por energia e consequente geração de renda. Logo, com o domínio da energia elétrica principalmente a partir do uso de combustíveis fosseis elencado ao aumento dos meios de transporte, o homem moderno consome cada vez mais energia, e cada vez mais necessita estabelecer critérios rígidos de consumo, a fim de torna-los viáveis.

Desde os anos 1970 até os tempos atuais, de acordo com o BEN (2014), os derivados de petróleo se revelam como fonte de maior consumo, superando a marca das 115 x10⁶ tep, um indicativo de que a utilização de apenas uma fonte energética, em detrimento das demais, é um fator econômico decisivo no país. O sistema, doravante, para não entrar em colapso, deve ter uma oferta de energia superior ou pelo menos igual à demanda. Todavia, após os desastrosos reflexos do chamado “apagão” ocorrido em 2001, revelou-se necessária a antecipação dos planos e demasiados estudos para melhor entendimento acerca do setor energético brasileiro.

Considerando que os sistemas de geração de energia que atendem a demanda energética das indústrias do Polo Industrial de Manaus (PIM) são dependentes da queima de óleo diesel, e atualmente esta condição ter piorado devido a ativação das termelétricas inclusive a nível nacional a fim de suprir a demanda combinando com o baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas brasileiras, esta preocupação torna-se latente, forçando a comunidade científica e econômica a buscar alternativas mais adequadas principalmente ao atendimento da energia para o Estado.

A cidade de Manaus é carente de investimentos de infraestrutura, mesmo com a chamada “planificação” absorvendo parte do problema, por exemplo, com a interligação de parte do sistema existente ao chamado “Linhão” da hidrelétrica de Tucuruí, no Estado do Pará e componente do SIN-Sistema Interligado Nacional. Somada a esta preocupação, o PIM se mostra completamente dependente desta energia, utilizando o insumo energético a fim de manter os empregos gerados por este importante polo econômico da Região. Nota-se, ainda, a necessidade de maior demanda por energia, todavia, deve-se antes organizar a atual conjuntura de consumo das indústrias, responsáveis em nível de Brasil, por cerca de 40% do consumo final para este setor de acordo com Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2013). Esta organização deve-se ser balizada na busca de alternativas em energia mais limpas, investimentos na redução do consumo, além do desenvolvimento e uso das ferramentas de eficiência energética essenciais, dada a insegurança dos sistemas de distribuição.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com base no estudo dos relatórios governamentais citados anteriormente sobre o cenário econômico do país e sua relação com a demanda e oferta de energia é possível verificar que o consumo de energia é um insumo crescente e preocupante. A economia globalizada requer esforços constantes para atingir metas de crescimento, captar investimentos e incrementar o PIB. Ademais, foi aprovada recentemente, em nível regional, a prorrogação dos benefícios tributários da chamada Zona Franca de Manaus, que abrange os Estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima e as cidades de Macapá e Santana, no Amapá. Esta importante homologação visa garantir um modelo que, criado em 1967, estimulando o desenvolvimento econômico da Região Amazônica, proteção ambiental e de fronteiras, além da melhoria na qualidade de vida da população desta região.

Entretanto, as condições de operação das indústrias do PIM são baseadas em um modelo sustentado pelas mesmas políticas públicas, frágeis quanto a sua expansão e

manutenção, e menos sustentáveis por consumirem altos recursos naturais, além da carência de estudos voltados para esta preocupação com a ampliação do modelo “Zona Franca”.

Esta pesquisa é composta, portanto, de um estudo de caso direcionado a uma indústria em quesitos específicos de uso da energia, além da avaliação de um projeto piloto de geração alternativa. Seu escopo é motivado pelo fato da maioria das indústrias do PIM não possuírem um programa consolidado de gestão da energia, ao tratarem a energia elétrica somente como insumo, salvo algumas exceções de sistemas implantados em poucas organizações de grande porte. A aplicação de um questionário de diagnóstico energético em uma organização industrial, de suma importância, pode servir de base de dados para implantação de um Sistema de Gestão da Energia, que objetiva a melhoria contínua de seu desempenho energético, principalmente com aplicação da norma ISO 50001. Ambos, o diagnóstico e a norma, também serão abordados com este contexto no decorrer deste trabalho.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Realizar uma investigação acerca do potencial de implantação de um sistema de gestão de energia em uma indústria do setor de eletroeletrônicos do PIM por meio de um diagnóstico energético e instalação de equipamentos objetivando a redução de uma parcela do consumo de energia elétrica.

1.2.2 Objetivos específicos

- Aplicar o questionário de diagnóstico energético EFICIND em uma Indústria local de eletroeletrônicos do PIM, para coleta de dados relacionados ao consumo de energia e operação de equipamentos como indicadores de eficiência energética.
- Analisar o cenário atual da indústria na qual o questionário foi aplicado, quanto às suas condições de consumo de energia e de implantação de indicadores de desempenho energético, bem como sobre o uso de ferramentas de eficiência energética.
- Substituir lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED visando redução prévia de 45% no consumo anual de energia elétrica referente a este sistema em estudo.
- Diagnosticar eventuais barreiras e benefícios para implantação de uma microusina fotovoltaica para compor a oferta de energia nas dependências de uma indústria do PIM.

- Adquirir conhecimentos técnicos, econômicos e regulamentares com a instalação de uma microusina fotovoltaica na indústria objeto de estudo dessa dissertação, fundamentando sua necessidade e aplicação.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta por cinco capítulos, que primeiramente trazem uma visão geral e introdutória acerca da necessidade energética nos tempos atuais, dados sobre a demanda energética do PIM e sobre a empresa onde se desenvolveu o estudo de caso de implantação de um modelo de eficiência energética, a partir de um diagnóstico de seu sistema energético atual e as possibilidades de melhoria e de economia de energia inerentes.

No capítulo 2 foi elaborada uma revisão bibliográfica acerca da eficiência energética, contendo uma explanação sobre os principais programas utilizados na implementação de indicadores energéticos bem como os principais itens da NBR ISO 50001, seguido de um histórico das principais leis e decretos.

No capítulo 3 são apresentados os materiais e métodos que viabilizaram o estudo dos indicadores, a partir da descrição do ambiente de estudo comparativo, do sistema de iluminação, parâmetros elétricos de equipamentos e dados de medições, interpretando os principais itens do escopo da NBR ISO 50001.

No capítulo 4 são demonstrados os resultados referentes a demanda e consumo elétrico da indústria, e as análises sobre o sistema de iluminação escolhido para implantação de melhorias pré-definidas, tais como o monitoramento de grandezas elétricas e substituição da tecnologia, além de uma avaliação sobre os indicadores. Ao seu final é realizada a interpretação e discussão destes resultados.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões identificadas no decorrer deste trabalho, bem como as limitações sofridas que impactaram na sua execução e as sugestões de melhorias e trabalhos futuros, informações estas de suma importância e pertinentes ao tema estudado.

CAPÍTULO 2

ENERGIA E ELETRICIDADE

2.1 Fontes primárias de energia

A energia primária é oriunda da natureza em sua forma direta, das quais é possível obter outras fontes. Elementos da natureza na sua forma física como o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e o urânio, bem como os resíduos vegetais e animais, o sol, o vento e a água, além dos produtos originários da cana-de-açúcar, são exemplos de fontes primárias de energia.

De acordo como os dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) ao Ministério de Minas e Energia (2014) no Balanço Energético Nacional (BEN), os derivados de petróleo constituem parcela importante da geração de energia, pois produzem uma série de insumos para a indústria química e petroquímica, além de diversos combustíveis líquidos: diesel, Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), gasolina, querosene, óleo combustível e nafta. No caso do Brasil, há importante participação do etanol, um combustível renovável obtido a partir da cana-de-açúcar como substituto da gasolina como também há esforços governamentais a fim de promover substituição de óleo por biodiesel, porém o custo dos óleos vegetais é de cerca de 60% da parcela da produção do biodiesel, se tornando uma barreira à consecução desse objetivo. O setor de transportes, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2007) o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) é o responsável pela maior parcela da demanda nacional em relação ao consumo de combustíveis líquidos e de óleos diesel, seguidos do setor agropecuários. Ambos os setores consomem aproximadamente 92% da oferta nacional de diesel.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), em seu site, a utilização do gás natural como insumo energético apresenta algumas vantagens ambientais, se comparadas com outras fontes fósseis sendo a principal delas a combustão mais limpa e menor emissão de CO₂ por unidade de energia gerada, cerca de 23% a menos que o óleo combustível e 50% menos que o carvão. Embora sejam muito grandes as reservas de petróleo, gás e carvão mineral em todo o mundo, a disponibilidade desses recursos fósseis diminui com o uso.

Conforme a BP STATISTICAL (2014) o carvão mineral é o mais abundante dos combustíveis fósseis, com reservas provadas da ordem de 1 trilhão de toneladas, o suficiente para atender a atual demanda por mais duzentos anos.

No Brasil as principais reservas estão localizadas no Estado do Rio Grande do Sul, que detém mais de 90% das reservas nacionais, no entanto, apesar da abundância desse recurso, o uso energético do carvão mineral ainda é muito restrito, representando apenas 6,6% da matriz energética, conforme, ainda, o Balanço Energético Nacional, o BEN (2014).

O petróleo também é um recurso natural abundante, porém sua prospecção envolve elevados custos e complexidade de estudos. No Brasil de acordo com dados fornecidos pela Agência Nacional de Petróleo - ANP e citados no BEN (2014) as reservas de petróleo são estimadas em $2.340.100 \times 10^3 \text{ m}^3$ em 2013. Atualmente é a principal fonte de energia e continua líder de combustível do mundo, com 32,9% do consumo global de energia de acordo com a BP STATISTICAL (2014).

A energia hidráulica, ao contrário das demais fontes renováveis, representa uma parcela significativa da matriz energética mundial e possui tecnologias de aproveitamento devidamente consolidadas. Atualmente é a principal fonte de energia elétrica de diversos países e representa aproximadamente de 17% de toda a eletricidade gerada no mundo. Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no Banco de Informações de Geração - BIG (2003), a contribuição da energia hidráulica na matriz energética nacional é de aproximadamente 83% de toda energia elétrica gerada no país.

2.2 Fontes alternativas de energia

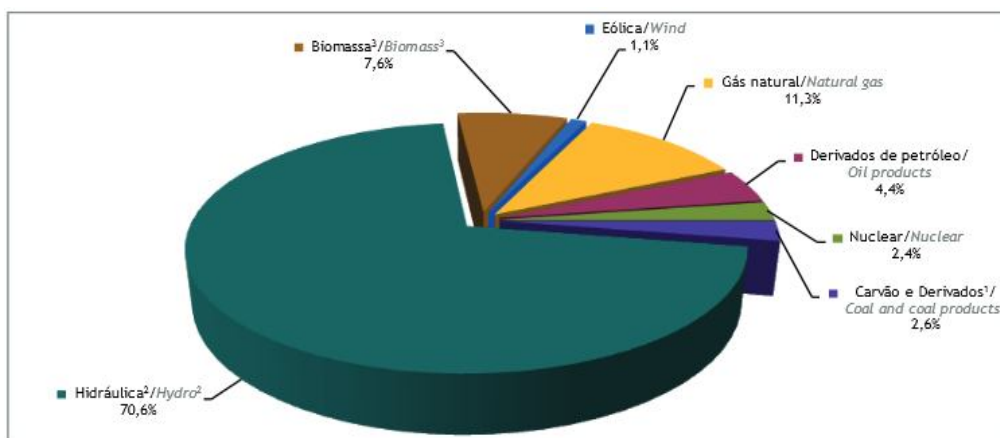
O crescimento acelerado da demanda de energia elétrica a nível mundial e a necessidade de diminuir a dependência de combustíveis fósseis atreladas à questão ambiental criou a necessidade de buscar novas fontes de energia para geração de eletricidade. As fontes tradicionais ainda constituem a base mundial de geração de eletricidade, como as usinas hidrelétricas, termelétricas a carvão e petróleo e as usinas nucleares. Entretanto, tem crescido a participação das fontes alternativas de eletricidade em muitos países.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), os geradores eólicos, os sistemas solares térmicos, os sistemas fotovoltaicos e as termelétricas e microturbinas alimentadas a gás natural são algumas dessas fontes, de acordo com Villalva e Gazoli (2012), embora as duas últimas fontes citadas sejam provenientes da utilização de um combustível fóssil não renovável, são mais eficientes e menos poluidoras do que as modalidades de geração baseadas na queima do carvão e do petróleo.

O termo energia alternativa não é análogo ao termo energia renovável, porém a maior parte dos sistemas alternativos de geração de eletricidade emprega fontes renováveis. Apesar

de suprirem uma pequena fração da demanda de eletricidade em diversos países, essas fontes são consideradas maduras, têm custos atuais próximos aos das fontes tradicionais e consequentemente já ocupam espaço importante nas políticas públicas e investimentos privados.

Em comparação a outros países, o Brasil já emprega outras fontes alternativas de energia, porém de maneira muito incipiente, principalmente quando compara-se suas iniciativas, mesmo porque a eletricidade produzida é quase que totalmente obtida por meio de usinas hidrelétricas, como mostra a Figura 1.



Fonte: BEN (2014).

Figura 1. Oferta interna de energia elétrica por fonte.

De acordo com a Figura 1, é possível verificar que o Brasil passou a empregar mais fontes não renováveis, ou seja, os combustíveis fósseis, a partir do aumento do uso de óleo diesel e carvão. Para reverter esse crescimento acelerado do uso de energias sujas e consequentemente bancar o aumento de sua população e economia, as energias eólica e fotovoltaica são opções, no mínimo, dignas de estudos mais aprofundados quanto a sua aplicação. Além das características já conhecidas, o uso de fontes alternativas motiva o desenvolvimento tecnológico além de trazer benefícios econômicos indiretos. A exploração e relação das fontes de energia aos sistemas elétricos, principalmente a energia solar fotovoltaica na forma de micro e miniusinas, conectados às redes de baixa tensão, além de demandar investimentos em relação à pesquisa científica, originam cadeias para fabricação de materiais e equipamentos e para o fornecimento de serviços, que geram empregos locais e fomentam investimentos nessa área.

2.3 A Energia Solar Fotovoltaica

O sol é uma fonte primária de energia essencial para os principais processos de conversão energética existente. A radiação solar pode ser diretamente convertida em energia química, a partir da fotossíntese, em energia térmica, a partir de coletores solares e em energia elétrica, a partir de painéis fotovoltaicos. Além disso, há outras conversões não diretas que envolvem a radiação solar, como a conversão de energia química em elétrica, ou seja, a geração de energia elétrica a partir da biomassa.

A fonte de energia solar é inesgotável e a radiação solar incidente sobre a superfície da Terra está disponível de forma gratuita; assim, um sistema com aproveitamento da energia solar não apresentará custos altos com a aquisição de combustível, como é o caso de grupos geradores.

2.3.1 Radiação solar sobre a Terra

A energia emitida pelo sol ocorre em forma de radiação eletromagnética. Parte dessa radiação é refletida para fora da terra e outra parte é absorvida. A radiação absorvida é convertida em outras formas de energia, como o calor e energia cinética da circulação atmosférica (GRIMM, 1999).

A radiação solar que chega até a Terra sofre influência do ar, das nuvens e da poluição até chegar ao solo, onde poderá ser absorvida, refletida ou espelhada, segundo Villalva e Gazoli (2012). Grimm (1999) afirma ainda, que somente 25% da radiação solar penetra diretamente na superfície da Terra, sem nenhuma interferência da atmosfera, e Pereira et al (2006) expõe que o total de radiação que ultrapassa a atmosfera está na ordem dos 70%, dos quais, a maioria se transforma em aquecimento do sistema e causa evaporação de água ou convecção, e cerca de 30% é refletida pela atmosfera. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2013) a energia solar que incide sobre a superfície terrestre depende das condições atmosféricas, latitude local e da posição no tempo, e a quantidade de energia recebida anualmente pela Terra corresponde a 10 mil vezes o consumo energético mundial neste período. A radiação global pode ser mensurada por um instrumento meteorológico chamado de piranômetro, que mede a irradiância solar em W/m^2 , ou seja, no intervalo de comprimento de onda entre 3,1 e 2,8 mm e em todas as direções acima do horizonte do instrumento.

2.4 Potencial de uso da Energia Solar Fotovoltaica na Indústria

Em relação à indústria, existem outras questões mais importantes a considerar, principalmente em um horizonte de fomento e incentivos diversos, seja pelos Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Estratégico ANEEL, seja por incentivos subsidiados por bancos de desenvolvimento, como das Empresas de Serviços de Conservação de Energia, as ESCOS. Logo, conclui-se que a inserção do Brasil neste setor requer medidas imediatas de incentivo à demanda e oferta, das quais algumas já estão sendo praticadas conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2. Incentivos de demanda e oferta aos sistemas fotovoltaicos e respectivos objetivos e ferramentas

Eixo de incentivo	Atores	Objetivo principal	Ferramentas
DEMANDA	<i>MDIC, MCTI, MME, MF, ANEEL e EPE</i>	Organizar processos de incentivo e de parcerias nas esferas pública e privada	Leilão específico para fonte solar fotovoltaica
		Atender a demanda de forma específica	
	Metodologia de Credenciamento de Sistemas Fotovoltaicos do BNDES	Possibilitar a nacionalização gradativa de indústrias de componentes de sistemas Fotovoltaicos	Apoio financeiro aos vencedores do 1º leilão de geração de energia elétrica a partir de fonte solar
OFERTA	MDIC e MCTI com o Plano Brasil Maior (Política Industrial) e o PADIS (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores)	Estabelecer uma indústria nacional de alto valor agregado	Incentivo direto à nacionalização de parte e componentes da cadeia de valor dos sistemas fotovoltaicos
	Lei de Informática	Induzir a indústria ao investimento na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica	Dedução do lucro real em valor gasto com P&D de produtos e processos
	MMA	Fundo Clima	Atender projetos de investimento

Fonte: Elaboração do autor, sob consulta aos principais programas de fomento e ações governamentais.

A principal contribuição, em linhas gerais, é permitir que as indústrias busquem no mercado comparar preço e eficiência, escolhendo a melhor tecnologia ao seu cenário produtivo. As oportunidades são diversas, ao visualizar o horizonte de incentivos anteriormente citados. Todavia, existe um contraste entre os benefícios resultantes da

implantação de um sistema fotovoltaico e as barreiras que impedem o pleno desenvolvimento destes sistemas, de maneira que atendam as prospecções de mercado adequadas as indústrias, segundo a Tabela 3 a seguir.

Tabela 3. Contraste dos principais benefícios e barreiras aos sistemas fotovoltaicos.

PROSPECÇÃO	DETALHAMENTO
BENEFÍCIOS	▪ Sinergia com a carga elétrica necessária ▪ Baixo impacto ambiental (livre de emissões) ▪ Confiabilidade ▪ Geração de empregos (chamados empregos verdes) ▪ Suporte à geração e operação da rede local de distribuição (fim do receio de “consumidor negativo”) ▪ Desenvolvimento de pesquisa nacional sobre a purificação de silício sob uso da metalurgia visando romper limites de comercialização
BARREIRAS	▪ Aspectos técnicos de conexão com a rede local (controle, despacho de aprovação da ANEEL, rotinas de confiabilidade) ▪ Aspectos econômicos (tarifários) e de custo da instalação (R\$/kWh) ▪ Regulatórios (audiências públicas e marcos regulatórios eficientes e que possam ser fiscalizados) ▪ Aspectos de expansão relacionados a ausência de regulamentação ou no detalhamento desta em relação aos mini ou micro empreendimentos (maiores, se acima de 5 MW ou de pequeno porte, que são até 5 MW ou abaixo de 1 MW) ▪ Purificação do silício (requer alto insumo energético) principalmente pelo fato da energia elétrica para a indústria no Brasil ser uma das mais caras do mundo

Fonte: Villalva e Gazoli (2012), adaptado pelo autor.

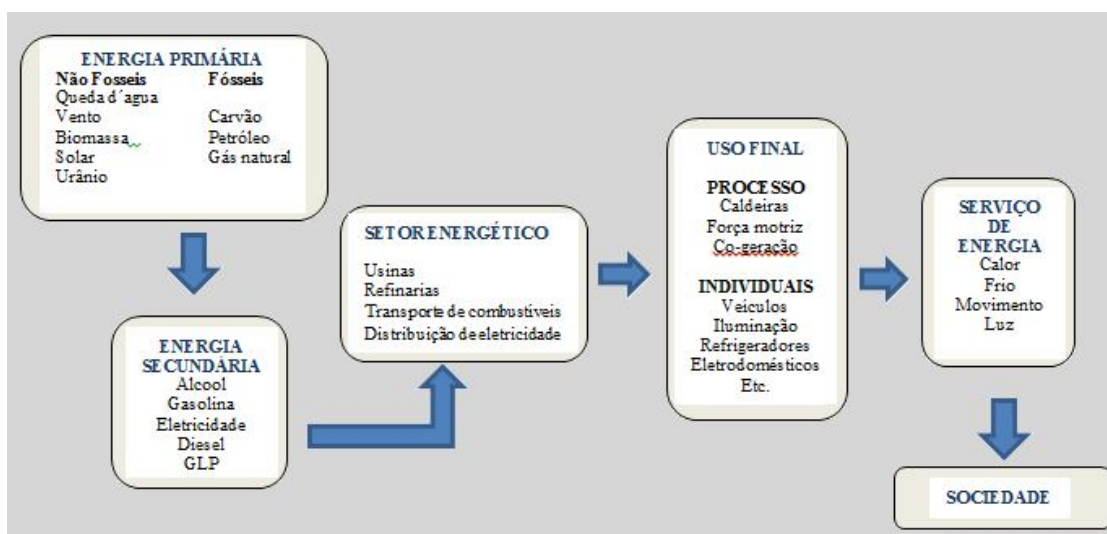
Após observação da Tabela 3, verifica-se uma leva de desafios, porém quando projetados para um futuro promissor são perfeitamente aplicáveis e passíveis de sucesso, com o objetivo prático de obter um melhor desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos na indústria e por toda a sociedade interessada. A realização do primeiro leilão de energia de reserva por fonte, organizado pela EPE e previsto para outubro de 2014, é um exemplo disso.

Logo, segundo a Revista ABINEE (2014), os contrastes e atores citados acima deverão entrar em sinergia, movimentando a cadeia de investidores e fornecedores de bens e serviços locais, aptos a atender a demanda nacional de forma competitiva.

2.5 Eficiência energética

A dependência de uma forma de energia em tempos atuais é preocupante e traz consigo a necessidade latente de se buscar novas formas de energias existentes a fim de evitar um colapso energético no futuro. Devido ao grande aumento do consumo de energia no planeta e sendo o petróleo a principal fonte geradora de energia, que é um recurso não renovável, essa necessidade se faz ainda mais urgente a fim de substituir o petróleo por outras fontes e de preferência, que não agrida o meio ambiente. É essencial distinguir eficiência energética de racionamento de energia, visto que um é a diminuição da energia para um serviço enquanto o outro é a redução do serviço energético em si.

A melhoria da eficiência energética diminui o consumo de energia primária necessária para produzir um determinado serviço de energia, independente do ponto da cadeia de energia. Este ciclo para atendimento da sociedade é demonstrado na Figura 2.



Fonte: Panesi (2006)

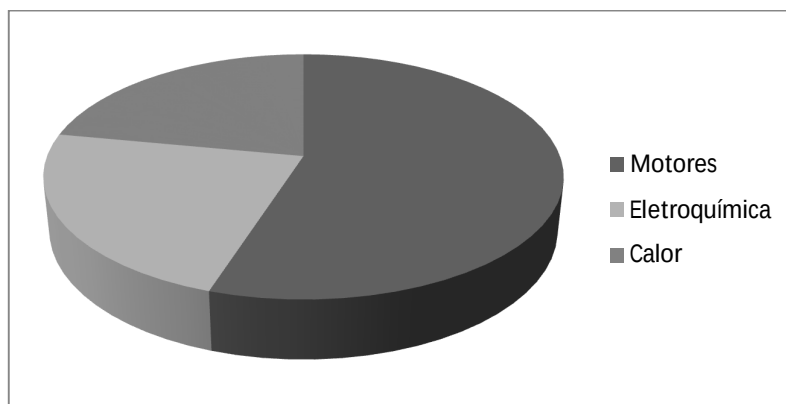
Figura 2. Cadeia de energia.

Panesi (2006) afirma ainda, que o uso de programas de eficiência energética traz benefícios como geração de empregos, aumento da produtividade, competitividade das empresas e da consciência contra o desperdício, impacto positivo na economia e macroeconomia, diminuição das emissões e impactos ambientais além da melhoria em processos e equipamentos. Porém, para que programas de eficiência sejam implantados é

necessário transpor muitas barreiras como: os preços elevados dos equipamentos mais eficientes em detrimento do tempo extenso do retorno do investimento ao compra-lo, ausência de normalização em alguns seguimentos, redução da cota de energia em algumas empresas, devido às ameaças de racionamento, a fim de continuar sua produção e, ainda, a falta de pessoal capacitado para operar nesse mercado.

2.5.1 Eficiência Energética na Indústria

Afirmar que o Brasil ao longo dos anos apresentou um aumento considerável no consumo total de energia nas últimas décadas não é nenhuma novidade, passando de $62,11 \times 10^6$ tep, em 1970 para $191,13 \times 10^6$ tep no início dos anos 2000, sendo a indústria nesse período, conforme o BEN (2014) responsável por aproximadamente 40% do consumo final por setor dos quais o uso final é subdividido pelo uso de motores (55%), Eletroquímica (23%) e calor (22%), como mostra a Figura 3 abaixo:



Fonte: Ministério de Minas e Energia, ano base 2000 apud Panesi (2006).

Figura 3. Consumo de energia elétrica na indústria por uso final.

Eficiência energética e meio ambiente são aspectos correlatos, pois podemos conservar nosso habitat com medidas de preservação e combate ao desperdício de energia, reduzindo os impactos ambientais resultantes da oferta de energia. O objetivo principal de uma gestão energética é o uso racional dos recursos naturais, adotando o princípio do desenvolvimento sustentável.

Para levantamento da situação energética de um estabelecimento, seja ele de qualquer segmento, se faz necessário o exame detalhado das condições de utilização de energia das

suas instalações, a fim de conhecer onde, quando e como a energia é utilizada, como estão as condições dos equipamentos e onde estão os desperdícios de energia, propondo solução de possíveis problemas registrados. Após o diagnóstico de possíveis anomalias, é preciso estabelecer as prioridades, implementar melhorias minimizando as perdas e acompanhando o processo continuamente, levantando os custos de investimentos nas mudanças propostas e apresentando o tempo de retorno dos investimentos. Em um cenário como esse descrito, a aplicação do questionário do Projeto EFICIND se mostra uma ferramenta metodológica importante e eficaz para o levantamento e diagnóstico da eficiência energética de um estabelecimento industrial.

2.5.2 Projeto EFICIND

O Projeto EFICIND é um estudo de prospecção de potencial para eficiência energética cujo objetivo principal é desenvolver uma nova metodologia e montar uma base de dados adequada para permitir uma visão suficientemente abrangente sobre os impactos associados à penetração de diversas tecnologias e processos eficientes no ponto de vista energético, emergentes no mercado ou ainda em fase de desenvolvimento, porém com boas perspectivas de sucesso futuro e no que diz respeito aos setores industriais e de serviços, visando diminuir o grau de incerteza associado a projeções de potenciais de conservação de energia e ao planejamento de programas de eficiência energética que visam atingir as metas de conservações projetadas.

O projeto analisa diversos segmentos do setor industrial baseado em uma metodologia que estima potenciais futuros de eficiência energética, desenvolvendo modelos de projeção da demanda de energia, em longo prazo e por regiões do País, para cada um destes segmentos, construindo alguns cenários alternativos de desenvolvimento, a partir das tecnologias e processos atualmente utilizados nos segmentos a serem estudados, com suas respectivas políticas e estratégias de suporte, nos modelos de projeção além de realizar estudos detalhados de caracterização técnica, econômica, energética e ambiental para os segmentos consumidores analisados no projeto EFICIND, que servirão de referência para caracterizações regionais para estes segmentos, a serem desenvolvidas pelas universidades participantes do projeto.

Os potenciais, técnico, econômico, mercadológicos e de eficiência energética nestes segmentos são estimados com base em uma extensa pesquisa bibliográfica e em abrangentes levantamentos de campo para posterior tabulação e armazenamento das principais

informações do projeto em um repositório interligado ao NIPE-Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Estratégico, órgão complementar da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo. As versões mais recentes do Plano Decenal de Energia e do Plano Nacional de Energia, elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para o Ministério de Minas e Energia (MME) são referências essenciais durante o desenvolvimento do projeto, mesmo porque este projeto compreende a aquisição de dados referenciados para o próprio MME, o MCT, sendo aprovado e fomentado pelo FINEP.

As Metas físicas do projeto EFICIND contemplam cinco etapas:

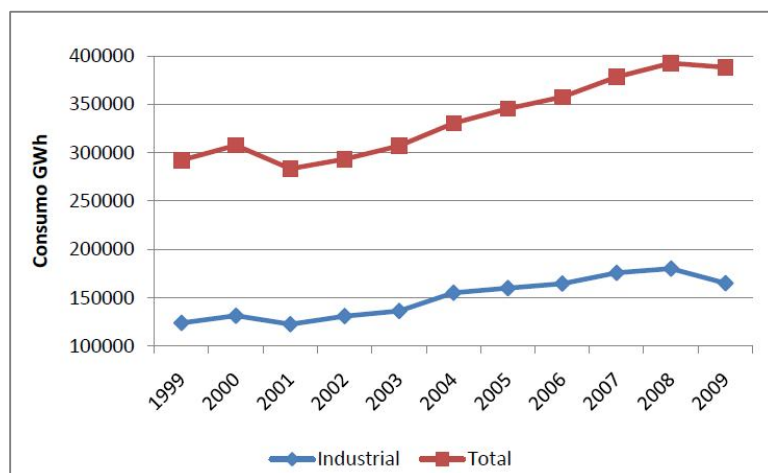
1. Elaboração dos questionários e de diretrizes para diagnósticos energéticos e estudos de otimização;
2. Construção de planilhas de análise de viabilidade econômica e uso de *softwares* de análise energética (construção preliminar e construção final);
3. Análise das tecnologias e processos existentes e prospecção de tecnologias e processos eficientes;
4. Caracterizações setoriais dos segmentos selecionados (Caracterizações setoriais preliminares e finais em nível nacional e regional);
5. Levantamentos de campo junto a empresas e associações e análise dos resultados que englobam a Aplicação dos questionários nos segmentos selecionados, Diagnóstico energético destes segmentos, Estudos de otimização energética com base nos questionários e diagnósticos obtidos e finalmente, Análise e validação dos resultados obtidos.

Essas etapas são imprescindíveis para que sejam aplicados treinamentos entre as instituições participantes, projeções de demanda e dos potenciais técnico, econômico e de mercado, aquisição de equipamentos importados, contratação de empresas para auxiliar nos trabalhos de medições, em nível regional, junto às empresas dos segmentos consumidores analisados pelo projeto e enfim, consolidação e apresentação dos levantamentos e medições realizadas.

Conforme explanado, o uso eficiente de energia é imprescindível para a efetivação de uma estratégia energética em bases sustentáveis, porém, tão importante quanto à utilização de projetos adequados para o segmento industrial, são as mudanças dos hábitos dos usuários, tornando a utilização dos sistemas, mais eficientes, reduzindo o desperdício e o consumo, mas, principalmente o equilíbrio do trabalho envolvido no processo, derivado do fluxo energético empregado na produção, no qual a iluminação é parcela importante.

2.6 Eficiência energética na Iluminação Industrial

De acordo com o PROCEL (2008) as indústrias respondem por aproximadamente metade da energia elétrica consumida no país. O consumo de energia elétrica no setor industrial representa 45,3% do consumo total de energia elétrica no Brasil, com consumo crescente contínuo entre os anos 2002 e 2008, devendo dobrar em 30 anos, mesmo com a queda apresentada em 2009 (PNE 2030), conforme Figura 4. De acordo com Kovaleski et. al. (2004), a iluminação é responsável inicialmente por 5,8% do consumo de energia elétrica neste uso final, no setor industrial, variando para mais ou menos deste percentual conforme sua aplicação.



Fonte: EPE- Boletim de Estatística Mensal de energia elétrica (2010).

Figura 4. Comparação do Consumo de energia elétrica total e Industrial entre 1999 e 2009.

A Tabela 4 explana os dados do gráfico, mostrando em percentual (%) o crescimento do consumo industrial comparado ao consumo total, no período de 1999 a 2009.

Tabela 4. Evolução do consumo de energia elétrica entre 1999 e 2009

CRESCIMENTO %	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Industrial	1,6	6	-6,7	6,8	4	13,8	3,1	3	6,8	2,5	-8
Total	2,7	5,3	-7,9	3,5	4,7	7,7	4,5	3,5	5,8	3,8	-1,1

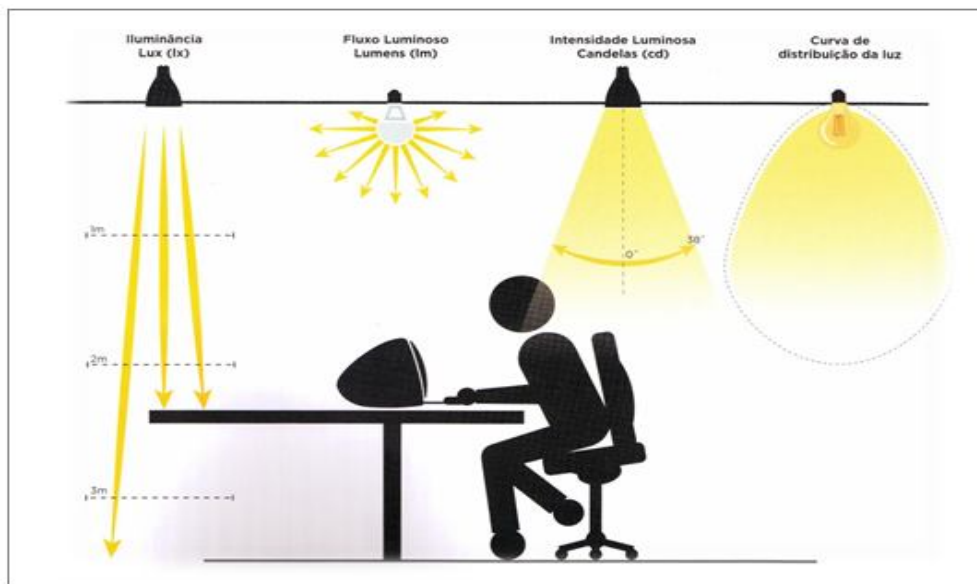
Fonte: EPE- Boletim de Estatística Mensal de energia elétrica (2010).

De acordo com Ramos (2009), alguns estudos apontam a existência de espaços para avanços em eficiência energética, pois ainda há indústrias que apresentam equipamentos e

processos obsoletos. Em relação aos sistemas de iluminação industrial, após estudo do PROCEL (2008) verificou-se que em 25,1% dos mesmos possuem entre 11 a 20 anos de instalação e apenas 13,9% possuem menos de cinco anos.

2.6.1 Conceitos de Iluminação relevantes para projetos luminotécnicos industriais

De acordo com Unnaluz (2013), a luminotécnica é a ciência que estuda e desenvolve soluções exclusivamente para iluminação de todo o tipo de ambiente, onde será possível saber controlar a qualidade e quantidade de luz de um ambiente. Assim, antes de estudar as formas mais corretas e eficientes em se utilizar a iluminação artificial em um ambiente industrial, se faz necessário o entendimento de alguns conceitos básicos, alguns expostos de forma prática na Figura 5, e junto com os demais, descritos a seguir.



Fonte: DR. LUX (2014)

Figura 5. Representação de alguns conceitos de luminotécnica.

- **Fluxo luminoso (ϕ)**

Representa a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz visível a olho humano. Sua unidade é o lúmen, que é o fluxo luminoso emitido em todas as direções com a potência luminosa de 1 candela (cd). Cada tipo de lâmpada apresenta um fluxo luminoso diferente, conforme sua tecnologia de funcionamento e sua potência. O fluxo luminoso diminui ao longo da vida útil das lâmpadas, que segundo a Phillips (2014), ocorre em razão da própria depreciação normal do fluxo da lâmpada e devido ao acúmulo de poeira sobre as

superfícies da lâmpada e do refletor. Este índice de depreciação do fluxo luminoso deve ser considerado no cálculo do projeto de iluminação, a fim de preservar a iluminância média.

- **Intensidade luminosa (I)**

A intensidade luminosa é a potência luminosa numa dada direção. Tem como unidade também a candela.

- **Iluminamento (E)**

É a relação entre o fluxo luminoso e a superfície sobre a qual incide. O iluminamento na prática corresponde a um valor médio, pois o fluxo luminoso não se distribui uniformemente sobre a superfície. A unidade de iluminamento é o lux (lx) e é calculado por:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

ϕ - Fluxo luminoso;

S – Área;

E - Iluminamento.

O iluminamento em um ponto afastado a uma distância (d) é dado por:

$$E = \frac{I}{d^2} \quad [\text{Eq. 02}]$$

Onde:

I - Intensidade luminosa;

d – Distância;

E - Iluminamento.

Se a incidência da luz for oblíqua, o iluminamento é calculado por:

$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \theta \quad [\text{Eq. 03}]$$

Onde:

I - Intensidade luminosa;

d - Distância oblíqua;

E – Iluminamento;

θ - Ângulo entre (d) e a vertical.

- **Luminância (L)**

É a relação entre a intensidade luminosa da superfície e a área aparente, ou seja, é a densidade luminosa superficial. Tem como unidades o nits (nt), que é candela por metro quadrado, e o stilb (sb), candela por centímetro quadrado. A expressão da luminância é:

$$L = \frac{I}{S} \quad [\text{Eq. 04}]$$

Onde:

L – Luminância;

S – Área;

I - Intensidade luminosa.

- **Curva de distribuição de luz**

A curva fotométrica ou curva de distribuição de luz, é traçada a partir da intensidade luminosa de uma fonte de luz em diferentes direções no espaço num plano, que representa as coordenadas dessa intensidade luminosa, ou seja, cada lâmpada individualmente ou em uma luminária com material refletivo ou não, apresenta uma curva representativa própria de sua intensidade luminosa.

- **Temperatura da cor**

As cores emitidas pelos pontos de luz podem ser classificadas também pela temperatura da cor que ela emite. A temperatura da luz é considerada a aparência cromática da luz emitida por determinada fonte luminosa (EMPALUX, 2013).

Essa temperatura é usualmente dada em Kelvin (K). Quanto mais clara a cor, maior será a temperatura que pode variar de 2.000 K à 6.500 K. A Figura 6 apresenta o quadro de temperatura de cores e suas respectivas aplicações.

TEMPERATURA DE COR	AMARELA OU MORN	NEUTRA	BRANCA OU FRIA
ESCALA KELVIN	2.700K até 3.500K	3.500K até 4.200K	acima de 4.200K
HUMOR E EFEITOS ASSOCIADOS	Conforto Intimo Mais quente Amigável Residencial	Limpo Eficiente Convindicativo	Claro Alerta Objetividade Exitante
APLICAÇÕES	Residências Restaurantes Barzinhos Cafés Bistrôs Hotéis Lojas de joias	Hospitais Repartições Públicas Livrarias Salas de reunião Supermercados Showrooms	Escritórios Salas de aula Consultórios Corredores Galerias Camaras frigorificas

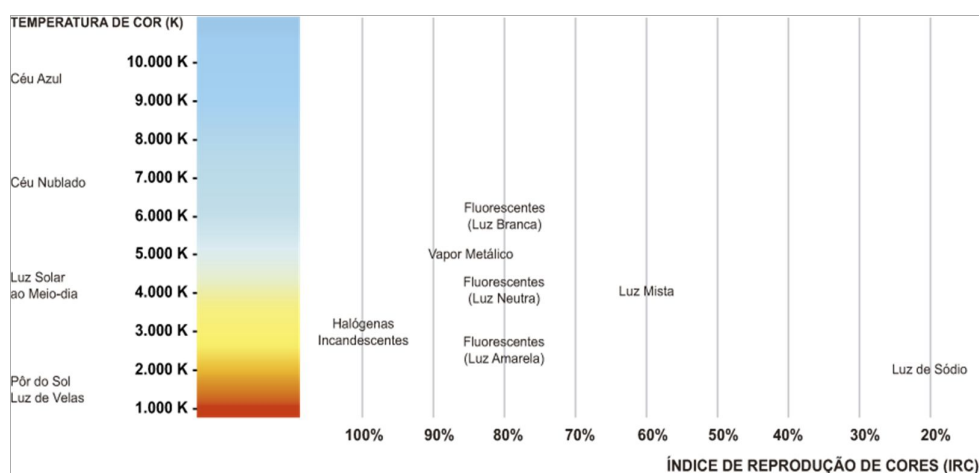
Fonte: Empalux (2013).

Figura 6: Temperatura das cores e suas aplicações.

• Índice de reprodução da cor (IRC)

O índice de reprodução da cor, IRC, é uma classificação de qualidade da reprodução da cor pela iluminação das lâmpadas. Ela segue uma escala de 0 a 100 (%). Em 100 a lâmpada apresentará as características da luz natural, ou luz solar (LUXSIDE, 2013). Cada tipo de lâmpada apresenta um IRC e uma temperatura referente, conforme indicado na Figura 7. Porém, quanto mais próximas de 100 melhor é a qualidade da reprodução da cor, ou seja, mais próxima estará da cor efetiva do material.

A norma ABNT NBR ISO/CIE 8995 (2013) recomenda que o IRC da lâmpada para interiores onde pessoas trabalham e permanecem por longos períodos seja superior a 80.



Fonte: EMPALUX (2013).

Figura 7. Índice de reprodução das cores (IRC).

O gráfico anterior não expõe dados concernentes à lâmpada LED (do inglês: *Light Emitting Diode*). Porém seu IRC oscila entre 70 e 80. No mercado já é possível encontrar marcas que possuem lâmpadas tubulares LED, com IRC maiores de 80.

- **Eficiência luminosa**

A relação entre a potência luminosa irradiada e a potência elétrica absorvida pela lâmpada é chamada de Eficiência luminosa ou rendimento luminoso, tem como unidade o lúmen por Watt e é dada pela expressão:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad [\text{Eq. 05}]$$

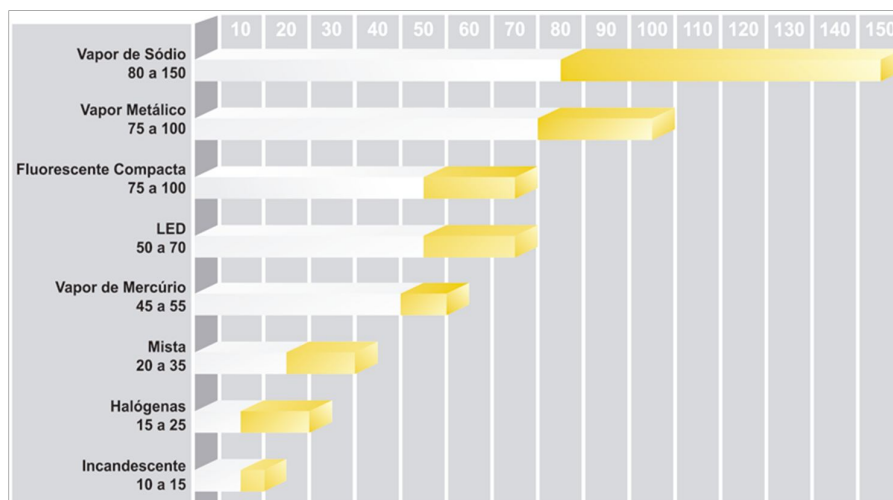
Onde:

η - Rendimento luminoso;

ϕ - Fluxo luminoso;

P - Potência.

Pode-se dizer então, que quanto maior o rendimento de uma lâmpada, mais econômica será a sua fonte. O gráfico apresentado na Figura 8 a seguir, mostra um comparativo da variação de eficiência luminosa entre as tecnológicas de iluminação, na qual é possível perceber que as lâmpadas de vapor de sódio, apesar do alto consumo de energia, apresentam a maior fluxo luminoso por energia demandada.

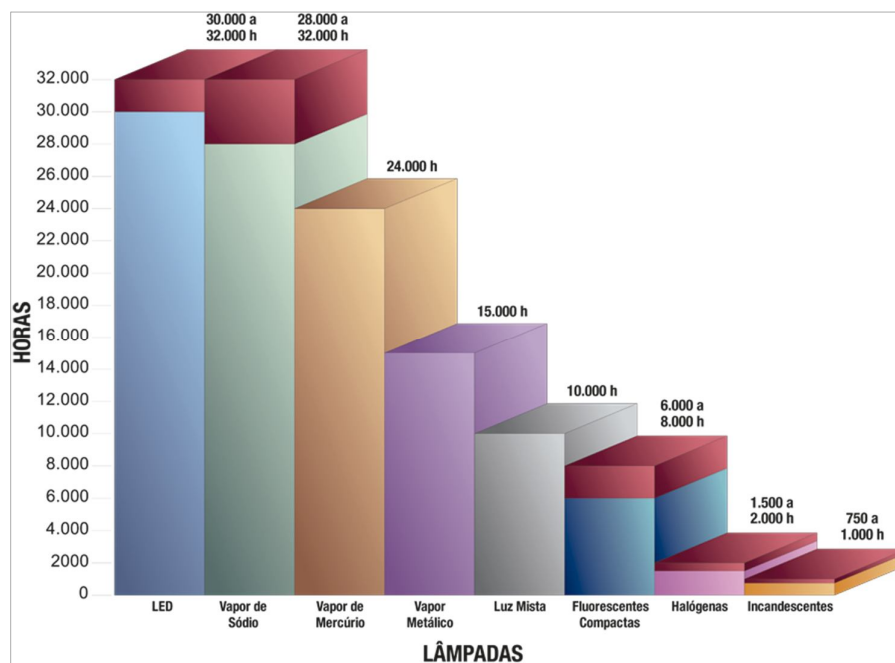


Fonte: Empalux (2013)

Figura 8. Variação da eficiência luminosa de diversos tipos de lâmpadas em lm/k.

- **Tempo de vida útil**

As lâmpadas podem trabalhar durante um determinado período, chamado de vida útil, e que varia de acordo com o tipo de lâmpada, as vibrações, frequências de acionamento, condições ambientais, as tensões e outros fatores. Se uma lâmpada opera com uma tensão inferior a tensão nominal, sua vida útil aumenta, ocorrendo o contrário quando opera com tensão superior. Outro comparativo importante a ser feito entre os tipos de lâmpadas abordadas é em relação ao tempo de vida útil de cada uma, o que reflete no custo do investimento que se terá com a manutenção do sistema de iluminação. O gráfico apresentado na Figura 9 a seguir apresenta o LED e a lâmpada de vapor de sódio como sendo as opções de lâmpada encontradas no mercado, com maior vida útil.



Fonte: EMPALUX (2013)

Figura 9. Tempo de vida útil em horas das lâmpadas.

2.6.2 Tipos de lâmpadas e suas Características

No mercado existem lâmpadas de diversos tipos, como incandescentes, halógenas, de descarga, e que utilizam diodo emissor de luz ou LED.

- **Lâmpada incandescente:** Externamente possui um bulbo de vidro e no interior um filamento de tungstênio em formato de espiral que com a passagem da corrente fica incandescente. Mamede (2010) explica que devido às precárias características de sua

eficiência luminosa, vida média reduzida e custo de manutenção elevado, são cada vez menores a sua aplicação em projetos industriais.

- **Lâmpada halógena:** É considerada uma lâmpada incandescente, faz uso de um filamento de tungstênio, porém seu bulbo externo é de quartzo para suportar a alta temperatura de aquecimento do filamento, e internamente possui compostos de iodo. Quando o tungstênio é aquecido ele libera um gás que combinado com o iodo produz a luz incandescente. Segundo Luz (2000), são lâmpadas de grande potência, mais duráveis, de melhor rendimento luminoso em menor dimensão, comparada com outras equivalentes.
- **Lâmpada de luz mista:** São lâmpadas que utilizam um tubo de descarga a vapor de mercúrio que são ligados a um filamento de tungstênio. Também possui características de incandescência, onde seu filamento atua como fonte de luz de cor quente, além disso possui um limitador de fluxo de corrente. Possuem alta potência, elevada eficiência e para a categoria tem excelente reprodução da cor (MAMEDE, 2010).
- **Lâmpada de descarga:** Essa lâmpada funciona a partir da descarga elétrica que ocorre no interior do tubo de descarga. Essa descarga elétrica emite energia sob forma de radiação, que provoca uma excitação de gases ou vapores metálicos. As lâmpadas de descarga podem ser de luz mista, vapor de mercúrio de alta pressão com ou sem material fluorescente, vapor de sódio de baixa ou alta pressão, multivapores metálicos com ou sem material fluorescente, xenônio, luz negra e finalmente a fluorescente. Esse tipo de lâmpada, de acordo com Mamede (2010) necessita de um dispositivo de partida e controle do fluxo de corrente no seu circuito, que são os reatores eletrônicos ou eletromagnéticos, starter (que é um dispositivo de partida) e ignitores (inicia a descarga das lâmpadas de vapor metálico e de sódio).
- **Diodo emissor de luz (LED):** São dispositivos semicondutores que convertem energia elétrica em energia luminosa através de dispositivos eletrônicos minúsculos. Segundo Ferreira (2010), o LED é constituído de cristais de silício e é encapsulado por resina epóxi transparente que protege o material e facilita a emissão de luz, além disso, a cor dos LEDs coloridos ocorre em função de elementos químicos específicos (gálio, arsênio, fósforo, alumínio e nitrogênio).

Vale destacar também neste tópico a importância das luminárias. Elas têm como função, a proteção, orientação ou concentração do fecho luminoso, redução da luminância e ofuscamento das lâmpadas, além do efeito decorativo. As luminárias são compostas das

lâmpadas e aparelhos. Existem aparelhos próprios para alguns tipos de iluminação, como a indireta, semidireta, semi-indireta, direta, concentrante, dentre outros (MAMEDE, 2010).

As lâmpadas fluorescentes tubulares são as mais utilizadas no setor comercial e industrial e exigem diversas variações de luminárias para diversas aplicações, hoje a utilização de lâmpadas com diâmetro menor em luminárias com material refletivo torna o sistema mais eficiente. Porém essa eficiência não significa uma eficiência global da lâmpada. Assim, sempre é preciso analisar as necessidades da instalação antes de selecionar o tipo da lâmpada mais aplicável.

2.6.3 Projeto de Iluminação eficiente na indústria

A ideia de iluminação eficiente busca não somente à substituição de equipamentos menos eficientes por mais eficientes, como também a melhoria no uso desses equipamentos, e este deve ser o primeiro a ser analisado. No caso dos sistemas de iluminação é preciso analisar não somente as lâmpadas utilizadas, como também as luminárias. Hoje existem luminárias e capas individuais para lâmpadas com material reflexivo interno que permite uma eficiência no nível de iluminamento de até 95%.

Em ambientes industriais há a grande necessidade de iluminação suficiente para a obtenção de um melhor rendimento possível nas tarefas executadas. O nível de detalhamento das tarefas exige um iluminamento adequado para se ter uma percepção visual apurada. Dessa forma, além de diminuir sensivelmente os fatores prejudiciais à visão humana, também auxilia na produtividade e qualidade dos produtos.

O nível de iluminamento adequado evita falhas nos produtos fabricados e a visão dos operários não é forçada.

Hoje o tipo de tecnologia que tem recebido aceitação significativa para a redução de consumo de energia nos sistemas de iluminação é a utilização de lâmpadas LED. As lâmpadas LED apesar do alto custo de investimento inicial apresentam uma vida útil de até 50.000 horas, para uma lâmpada do tipo tubular, contra as 7.500 horas das lâmpadas fluorescentes tubulares por exemplo. Além disso, a potência elétrica da lâmpada LED pode ser 40% menor que da lâmpada fluorescente, ambas tubulares.

Porém, vale lembrar que um bom projeto de iluminação eficiente depende fortemente de um bom projeto de iluminação e não somente de troca de lâmpadas e/ou luminárias. Um bom projeto de iluminação, em geral, requer a adoção dos seguintes pontos fundamentais:

- Nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica.
- Distribuição espacial da luz sobre o ambiente.
- Aparelhos de iluminação apropriados (luminárias, material refletivo, reatores, etc.)

A elaboração de um projeto de iluminação eficiente exige, inicialmente, a obtenção dos seguintes dados:

- A atividade a ser desenvolvida;
- As dimensões do local;
- As cores das paredes e teto;
- Altura das mesas ou bancadas no qual os empregados operam;
- A possibilidade de fácil manutenção dos aparelhos.

A partir dessas informações, é necessário verificar o iluminamento adequado para o ambiente. A norma ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1 2013 que trata de iluminação de ambientes de trabalho, determina um nível de iluminância (E) para cada ambiente de acordo com as atividades nele desenvolvidas.

O quadro apresentado na Figura 10 mostra alguns níveis de Iluminância.

	ILUMINÂNCIA (lux)	TIPO DE AMBIENTE / ATIVIDADE
CLASSE A (áreas de uso contínuo e/ou execução de tarefas simples)	20 - 30 - 50	- ruas públicas e estacionamentos
	50 - 75 - 100	- ambientes de pouca permanência
	100 - 150 - 200	- depósitos
CLASSE B (áreas de trabalho em geral)	200 - 300 - 500	- trabalhos brutos e auditórios
	500 - 750 - 1.000	- trabalhos normais: escritórios e fábricas
	1.000 - 1.500 - 2.000	- trabalhos especiais: gravação, inspeção, indústrias de tecidos
CLASSE C (áreas com tarefas visuais minuciosas)	2.000 - 3.000 - 5.000	- trabalho contínuo e exato: eletrônica
	5.000 - 7.500 - 10.000	- trabalho que exige muita exatidão: placas eletro-eletrônicas
	10.000 - 15.000 - 20.000	- trabalho minucioso especial: cirurgia

Fonte: UNICAMP (2014)

Figura 10. Iluminância de diversos ambientes.

O nível de iluminamento é medido considerado no plano de trabalho, normalmente convencionado a 75 cm do nível do solo. Após definido o nível de iluminamento, deve-se determinar o índice do local que pode ser calculado por:

$$K = \frac{C \times L}{(C + L) \times A}$$

[Eq. 06]

Onde:

C–Comprimento do local;

L–Largura do local;

A–Altura entre a luminária e o plano de trabalho.

Assim, definem-se os índices de reflexão do piso, do teto e das paredes, utilizando os dados do quadro seguinte:

	Branco	Claro	Médio	Escuro
Teto	80%	70%	50%	30%
Parede		50%	30%	10%
Piso			30%	10%

Assim, com todos esses índices é possível determinar o fator de utilização da luminária (FU). Esse fator é tabelado para cada tipo de luminária. Como exemplo, o quadro da Figura 11 listam-se os fatores de iluminação da luminária referente.

Tabela de Fator de Utilização – luminária
TCK 431 - 2 x TLTRS 110 W



Fator de Área K	80			70			50		30		0	Teto Parede Piso
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0	
0.60	.38	.36	.30	.37	.36	.31	.29	.25	.29	.25	.24	
0.80	.47	.44	.37	.46	.43	.38	.37	.32	.36	.32	.30	
1.00	.54	.50	.44	.53	.49	.45	.43	.38	.42	.38	.36	
1.25	.61	.56	.50	.59	.55	.52	.48	.44	.48	.44	.42	
1.50	.66	.60	.54	.65	.59	.58	.53	.49	.52	.49	.47	
2.00	.74	.66	.62	.72	.65	.66	.60	.56	.59	.56	.54	
2.50	.80	.70	.66	.78	.70	.72	.64	.61	.63	.60	.58	
3.00	.84	.73	.70	.81	.72	.76	.68	.65	.66	.64	.62	
4.00	.89	.77	.74	.86	.76	.82	.72	.69	.70	.68	.66	
5.00	.92	.79	.76	.89	.78	.85	.74	.72	.73	.71	.69	

Fonte: UNICAMP (2014)

Figura 11. Fator de utilização da luminária (FU).

Por fim, determina-se o fator de manutenção (FM) pelo quadro seguinte:

Ambiente	Limpo	Médio	Sujo
Fator de manutenção (FM)	0,9	0,8	0,6

Tendo em posse todos esses fatores, calcula-se a quantidade de luminárias (N) necessárias para o ambiente.

$$N = \frac{E \times S}{\varphi \times FU \times FM}$$

[Eq. 07]

Onde:

S é a área do local = C x L;

Φ é o fluxo luminoso total das lâmpadas da luminária.

2.7 Principais programas e políticas de eficiência energética no Brasil

De acordo com Godoi (2011), a conturbada e marcante crise de petróleo ocorrida na década de 1970, quando o cartel gerado pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) de forma compulsória controlou os preços dos barris e obrigou os países energo-dependentes de petróleo a incluir em suas políticas públicas estratégias relacionadas à conservação de energia e eficiência energética, transformando o cenário econômico global. Desta forma, conforme explica Camacho (2009), estes países criaram planos para incentivar as empresas a definirem medidas de uso eficiente da energia, focando em quesitos de melhoria de suas instalações, equipamentos e emprego de auditorias.

No Brasil, as iniciativas criadas principalmente quanto a geração de energia se propuseram a atacar a dependência externa ao petróleo e a redução de riscos ao seu setor produtivo e consequente colapso econômico, aumentando a exploração do carvão, desenvolvimento de uso da energia nuclear, criação do programa Proálcool e massificando a expansão das hidrelétricas.

A partir da década seguinte, 1980, o país, através do Governo Federal e de instituições relacionadas à geração e consumo da energia elétrica promulgou leis, resoluções e programas para incentivo e divulgação da necessidade de se conservar a energia e estabelecer critérios que priorizassem a eficiência energética. Este trabalho demonstra a seguir

os principais programas governamentais e os relacionados diretamente com o consumidor final.

PROCEL

Tendo como objetivo principal o de eliminar os desperdícios de energia elétrica e reduzir custos e investimentos setoriais, o Programa Nacional de Eficiência energética (PROCEL) foi criado em 1985 pelo Ministério de Minas, Energia e Comércio e gerenciado na época por uma secretaria executiva pertencente à administração da Eletrobrás. Em 1991 foi reformulado e ampliado, abrangendo projetos de uso final da energia e de eficiência energética bem como ações de divulgação de conhecimento e educação sobre seu uso correto. Mantido com recursos da própria Eletrobras e da Reserva Global de Reversão (RGR), fundo federal recolhido das concessionárias, além do aporte de outras instituições nacionais e internacionais.

O PROCEL opera em seguimentos específicos que o compõe, sendo desde um banco de dados atribuído ao Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética- Procel Info, a fomento de subprogramas relacionados a: Eficiência Energética em Edificações (Procel Edifica), em equipamentos (Selo Procel), Eficiência Energética Industrial (Procel Indústria), Eficiência Energética no Saneamento Ambiental (Procel Sanear), Eficiência energética em Prédios Públicos (Procel EPP), Gestão energética Municipal (Procel GEM), Informação e Cidadania (Procel Educação) e Eficiência Energética na Sinalização Semafórica e Iluminação Pública (Procel Reluz).

CONPET

Programa do Governo Federal, criado em 1991, visando promover uma cultura de combate ao desperdício no uso dos recursos naturais não-renováveis. É vinculado ao Ministério das Minas e Energia e suporte técnico e administrativo da Petrobras. Seu objetivo principal é, portanto, estimular a eficiência no uso da energia em setores distintos como residências, transportes e indústrias, promovendo a racionalização de do consumo de derivados de petróleo e gás natural, a redução de emissão de gases poluentes, o aumento da eficiência energética no uso final da energia e desenvolver projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, além de projetos específicos na área educacional.

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

Programa coordenado pelo INMETRO e com parcerias da Eletrobras/Procel e Petrobras/Conpet que fornece informações sobre o desempenho dos produtos no que se refere à eficiência energética dos mesmos, munindo o consumidor final de informações de consumo de energia para uma aquisição adequada, que preze pela eficiência. A estes produtos é conferida uma escala, onde são ensaiados em laboratórios e etiquetados com a classificação de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente). Segundo informações do Ministério de Minas e Energia existem atualmente 41 produtos classificados pelo PBE, sendo os principais: ar condicionado, chuveiros elétricos, lâmpadas, fogão a gás, ventilador de mesa, dentre outros. Estabelecendo uma comparação entre estes dados, mesmo com um alto valor agregado e crescente no total de recursos aplicados, os valores imputados para a o investimento que foi evitado é muito maior, comprovando diretamente que economizar energia é, de fato, mais vantajoso do que produzi-la, considerando toda a infraestrutura de geração de energia já estabelecida.

PROESCO

Com o objetivo de apoiar projetos de eficiência energética e tendo o suporte financeiro do BNDES, sendo criado pela ABESCO, este programa consiste em dispor linhas de financiamento para empreendimentos, estudos e projetos, beneficiando as ESCOS (Empresas de Serviço de conservação de energia), usuários finais de energia e empresas de geração, transmissão e distribuição de energia.

Projetos de MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo)

Estimulado pela celebração do Protocolo de Kyoto (UNFCCC, 1997) o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) permite a participação de países em desenvolvimento, tendo o Brasil como um dos principais, que tenham como objetivo principal o de promover tecnologias limpas em prol do desenvolvimento sustentável. Porém tal aplicação prática ainda é muito incipiente, principalmente junto aos setores de edificações e eficiência energética, atendo-se em sua maioria a minimização da poluição dos recursos naturais, reflorestamento sustentável e redução das emissões de gases do efeito estufa, mesmo considerando que existe através do MME uma portaria específica (Portaria MME nº 301) que possibilita empreendedores que negociem energia elétrica produzidas em hidrelétricas junto aos leilões

regulados de pleitear os créditos oriundos do MDL, assim como créditos oriundos de usinas geradoras a partir de fontes alternativas de energia.

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia, MCT (2010), o Brasil participa com 447 projetos de MDL, distribuídos em 60% relacionados à energia renovável (hidrelétricas e Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCH), 30% de MDL relacionados ao bagaço de cana de açúcar e meros 10% relacionados a MDL voltado para a eficiência energética, totalizando uma capacidade instalada de 4.088 MW, sendo destes, 447 MW oriundos do PROINFA.

2.8 Histórico de Decretos, Leis, Resoluções e Normatização referentes à Eficiência Energética

Com a finalidade de estabelecer e aperfeiçoar o marco legal de expansão dos programas de eficiência energética, o governo brasileiro promulgou instrumentos legais, técnicos e jurídicos, dentre os quais a seguir destacam-se os principais (PNEf, 2014):

- Lei nº 8.631/1993, que ampliou a finalidade da RGR (Reserva Global de Reversão), criada em 1957, para financiar o PROCEL e a Eletrificação Rural;
- Lei nº 9.478/1997, que instituiu o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e estabelece como princípio da Política Energética Nacional “proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia”.
- Decreto nº 2.335/1997, que dispõe como competência da ANEEL “incentivar o combate ao desperdício de energia no que diz respeito a todas as formas de produção, transmissão, distribuição, comercialização e uso da energia”.
- Resolução Normativa nº 271/2000, na qual a ANEEL estabelece critérios de aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e em P&D tecnológico do setor elétrico.
- Lei nº 9.991/2000, que dispõe sobre a implantação de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica.
- Lei nº 10.295/2001, que estabelece os níveis máximos de consumo específico de energia ou níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos fabricados consumidores de energia.
- Lei nº 10.438/2002, que destina recursos da RGR para emprego no programa Luz para Todos, em projetos de fontes alternativas e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), além

de usinas termelétricas, termonucleares de geração de energia e prorrogou o prazo de extinção das quotas de RGR para o fim de 2010.

- Lei nº 10.847/2004, que institui a criação da EPE – Empresa de Pesquisa Energética.
- Resolução Normativa nº 300/2008, que aprovou o Manual do Programa de Eficiência Energética – PEE.
- Lei nº 12.212/2010, que define a obrigatoriedade das concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica em aplicar no mínimo 60% (sessenta por cento) dos recursos de seus programas de eficiência em unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social.

Lei 10.295/01 – Lei da Eficiência Energética

A lei de eficiência energética, homologada desde outubro de 2001, estabelece critérios sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia, sendo os principais, conforme seu parágrafo 2º, “os níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes”, ou seja, esta lei instituiu as premissas indispensáveis para alcançar os objetivos mínimos de aceitação de consumo de equipamentos, implementada pela promulgação do decreto 4.059, de dezembro do mesmo ano, que regulamentou a Lei 10.295, e instituiu também o Comitê gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, o CGIEE, responsável por elaborar planos de trabalho, elaborar regulamentação específica e constituir comitês técnicos, todas estas ações relacionadas à aplicação da Lei da Eficiência Energética.

Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012

Esta resolução estabelece condições gerais para a conexão à rede convencional de energia elétrica a microgeração (potência instalada menor que 1.000 kWp) e minigeração (potência instalada entre 100kWp e 1MWp) distribuída no Brasil, além de criar o Sistema de Compensação de Energia, permitindo que as formas alternativas de energia, dentre estas os sistemas fotovoltaicos, oriundas a partir de fontes renováveis com até 1MW de potência instalados em residências e empresas se conectem a rede elétrica de forma simplificada, para atender seu consumo local e injetar o que for excedente na rede, gerando créditos de energia (sob forma de compensação, também conhecido como *Net Metering*). Se a geração por meio de uma fonte alternativa for menor que o consumo, será utilizada a energia convencional.

Estes créditos gerados possuem os mesmos valores da eletricidade da rede contratada, podendo ser utilizados para abater o consumo, reduzindo o valor da conta de energia nos 36 meses subsequentes.

ABNT NBR ISO 50001: 2011 – Sistema de gestão de energia

Toda e qualquer ação relacionada à eficiência energética em uma organização necessita de um processo de gestão e de melhoria contínua. Visando isto a ABNT NBR ISO 50001:2011 foi elaborada com o propósito de habilitar estas organizações, leiam-se, as indústrias, a estabelecerem sistemas e processos necessários à melhoria de seu desempenho energético, incluindo as próprias ações de eficiência energética, o uso e consumo de energia, sendo esta norma a mais abrangente iniciativa internacional de eficiência energética. Como toda norma, sua recomendação requer um resultado prático em nível de indicador. Logo, um Sistema de Gestão de Energia propõe um modelo de gestão sistemática, que visa a redução das emissões de gases de efeito estufa e dos impactos ambientais inerentes ao consumo de energia, bem como a própria redução do custo da energia na organização onde for implantado, demonstrado na figura 12:

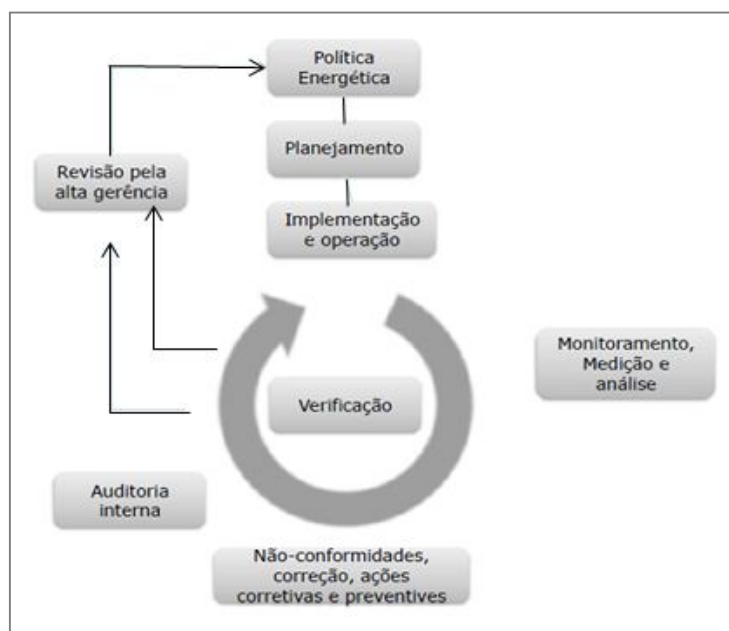


Figura 12. Modelo de Sistema de Gestão da Energia da ABNT ISO 50001:2011. Elaborado pelo autor.

Por fim segue um breve levantamento bibliográfico acerca do consumo e indicadores energético referente ao PIM, mais especificamente o setor de eletroeletrônicos, no qual a indústria objeto de estudo dessa pesquisa está inserida.

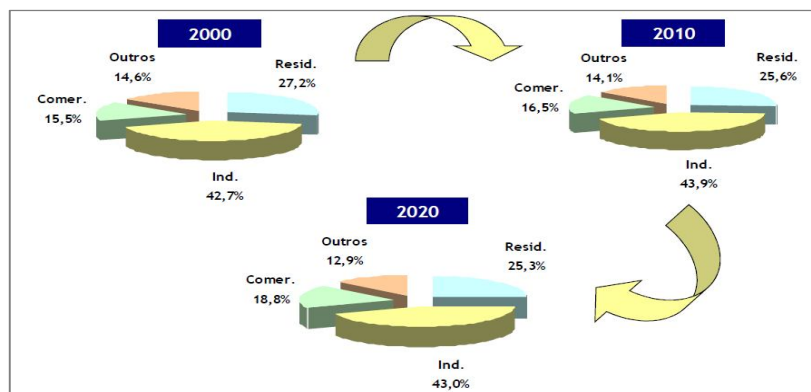
O setor de eletroeletrônicos do PIM

Monitorar parâmetros produtivos relacionados à energia dentro de uma indústria é uma atividade que requer total empenho de uma equipe e de recursos, que muitas vezes não são disponibilizados ou tem envolvimento da alta direção por questões de custos, mesmo se tais parâmetros estiverem relacionados com o faturamento da venda de seu produto final, progressão de venda, aumento da matéria prima, recursos humanos capacitados e outros. Em outro viés, estabelecer indicadores para tratar exclusivamente do uso da energia elétrica em determinados setores da indústria, demandam outra gama de orientações e recursos, sejam financeiros, humanos ou materiais. Pois se faz necessário entender seu comportamento econômico, principalmente.

No caso das indústrias do PIM, pouco se encontra, considerando a quantidade de empresas do polo eletroeletrônico, em termos de dados técnicos e compromissos firmados quanto à aplicação das orientações de uso da eficiência energética e dados de implantação de ferramentas similares que objetivem o melhor uso da energia elétrica, considerando a dispendiosa matriz energética da região bem como a melhoria contínua, não se mantendo apenas aos avisos de “usou, desligou” ou mesmo aos contratos de demandas contratadas para se evitar extrapolar o fator de potência, exceder os limites de energia reativa e consequentemente pagar multas relacionadas a esta falta de controle.

Dados gerais sobre o consumo da energia elétrica

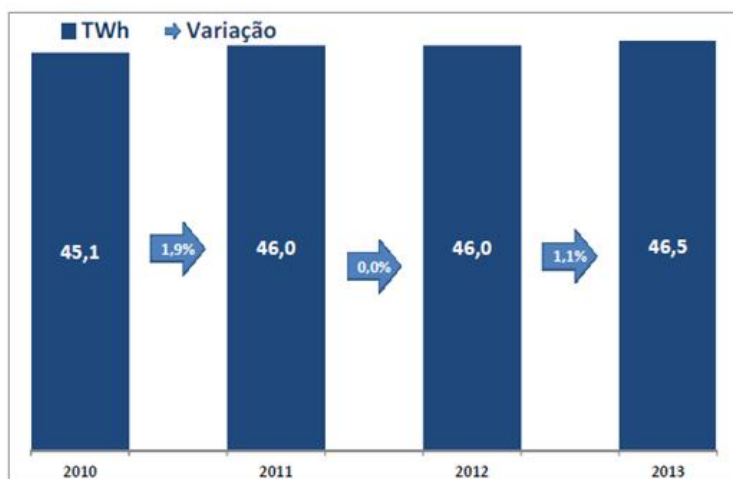
Aborda-se aqui neste item a situação atual do consumo de energia elétrica no PIM, de maneira abrangente quanto ao consumo total e mais especificamente em relação ao ramo dos eletroeletrônicos, visando caracterizar a forma da demanda por energia deste setor. De acordo com FIRJAN (2013), o custo da energia elétrica para a indústria possui um custo alarmante em termos de comparação internacional, além da entropia quanto aos encargos da conta de energia nos 26 estados mais o Distrito Federal, uma disparidade nacional. De forma direta, o alto consumo de energia pela indústria também possui tendências de se manterem no nível atual, permanecendo ao elevado patamar de consumo, inclusive para a década seguinte, conforme dados da EPE (2011) e demonstrados na Figura 13.



Fonte: EPE, (2011)

Figura 13: Estrutura do consumo de eletricidade na rede por setor em indicadores nacionais pelo PDE 2020.

Anualmente, segundo a EPE (2011) a tendência de consumo na indústria brasileira tem seguido esta projeção, mantendo-se em 2012 e aumentando o consumo, totalizando aproximadamente 46,5 TWh em 2013, com uma variação de 1,1% em relação ao ano anterior, conforme observa-se na Figura 14.

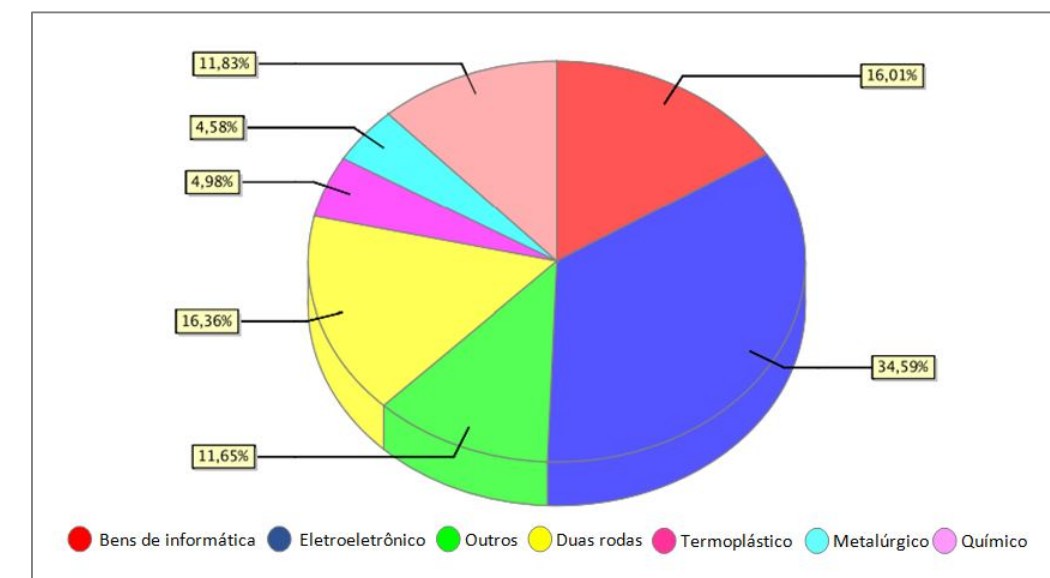


Fonte: EPE (2011)

Figura 14. Consumo brasileiro industrial de energia elétrica (TWh) e crescimento (%), no período de 2010 a 2013.

De acordo com dados da SUFRAMA (2014) o faturamento nos oito primeiros meses de 2014 foi de R\$ 54,6 bilhões, com 5,6% de crescimento em moeda nacional, comparados com o mesmo período em 2013, e uma média mensal de empregos aproximadamente de 122 mil postos de trabalho. Deste total faturado, o polo eletroeletrônico, incluindo os bens de informática, principalmente motivado em 2014 pela Copa do Mundo realizada no Brasil e

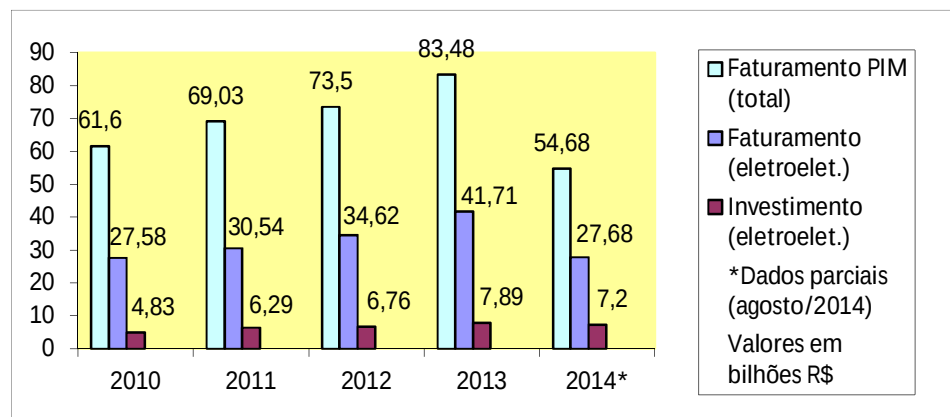
consequente aumento da demanda por aparelhos televisores (LCD, LED e plasma) bem como a produção de *tablets*, alcançou a marca de R\$ 27,6 bilhões, representando 50,6% do total de faturamento do PIM (produtos principais mais os de bens de informática), consolidando o segmento eletroeletrônico como principal parque fabril local, seguido pelo polo de duas rodas, com 16,36% de participação no faturamento do PIM neste período, conforme mostra o Gráfico exposto na Figura 15.



Fonte: CGPRO, 2014. Adaptação própria.

Figura 15. Participação dos subsectores de atividades no faturamento do PIM de janeiro a agosto de 2014.

Em relação ao nível de investimentos a partir do total faturado somente para o setor de eletroeletrônicos (inclusos os bens de informática), identifica-se que seguimento é o maior investidor e que possui o maior faturamento, conforme dados da SUFRAMA (2014), figura 16.



Fonte: Relatório de indicadores Suframa, CGPRO, 2014. Elaborado pelo autor.

Figura 16. Investimento e faturamento total e parcial do setor de eletroeletrônicos no PIM.

A Figura 16 demonstra que o faturamento do setor de eletroeletrônicos representa quase que a metade do faturamento total do PIM. De acordo com dados da PIA (2010), o setor de eletroeletrônicos é composto ainda, por cerca de 29% de microempresas, 34% de pequenas empresas, 16% de médias empresas e 21% de grandes empresas possuindo portanto grande diversidade em termos de porte e a maior representatividade no PIM, principalmente em relação a quantidade de postos de trabalho, pois emprega cerca de 10% da quantidade de empregos ligados ao setor em nível nacional.

Dados sobre o conteúdo elétrico no Amazonas

No item anterior verificou-se a representatividade econômica do setor onde a fábrica objeto de estudos está instalada. Foi demonstrado no capítulo 2 a representatividade da demanda por energia elétrica da região norte em relação ao país, sua relação com o PIB estadual e nacional e seu percentual da indústria nesta parcela de consumo. Aliado a este dado, o Amazonas representa aproximadamente de 94% do consumo e 76% da geração de energia na região norte (ELETROBRAS, 2012).

A tabela 5 explana dados concernentes a capacidade instalada de geração para o Estado do Amazonas, por fonte de geração, totalizando aproximadamente 2,272 GW de potência no Estado.

Tabela 5: Geração de energia elétrica na cidade de Manaus

Estado	Tipo	Quantidade	Potência (kW)	%
Amazonas	UHE	02	274.710	12,14
	UTE	145	1.998.050	87,86
Total	-	147	2.272.760	100,00

Fonte: Amazonas Energia (2010).

Silva (2011) ressalta que, considerando toda a cadeia econômica e produtiva do Amazonas, o Conteúdo Elétrico do setor industrial amazonense, de 2002 a 2009 é inferior a 0,15 GWh/PIB (em milhões de R\$), demonstrando um alto valor de renda da indústria frente o baixo consumo elétrico a nível nacional, que é de 0,46 GWh/PIB (em milhões de R\$), calculados para o mesmo período. Infere-se nesta análise que este valor a menor do conteúdo elétrico do Amazonas deve-se ao fato do PIM ter suas atividades principais baseadas em processos de montagem. Além disso, nos dois maiores segmentos produtivos as peças são importadas de outras regiões ou países, logo não se contabiliza a produção energo-intensiva, salvo processos distintos de transformação da matéria prima.

Indicadores de Desempenho Energético

Em termos industriais, pode-se definir eficiência energética como sendo um processo que produza a mesma quantidade de produto ou serviço com a menor quantidade de energia aplicada, racionalizando o uso da forma mais adequada e inteligente possível (PANESI, 2006).

Definidas as variáveis relacionadas aos indicadores no item anterior, tornam-se possíveis duas abordagens a serem efetuadas para que se previna o desperdício de energia e que se mantenham os equipamentos de uma indústria em bom funcionamento. São as abordagens qualitativas e quantitativas, conforme preconiza a norma ISO 50001, explanada no item 2.9.3.

A abordagem qualitativa traz recomendações para economizar energia. No entanto, muitas vezes não é possível estimar o custo e também o montante economizado. A abordagem quantitativa permite estimar o quanto de energia se está desperdiçando, possibilitando que se vislumbrem novas tecnologias (TANAKA, 2008).

Patterson (1996) fala que em um dado processo, existem quatro grupos de indicadores, necessários para medir as mudanças de eficiência energética, são eles:

- 1) Indicadores termodinâmicos: relacionam-se com o uso real da energia e o processo de transformação na qual esta é empregada, apresentando uma estrutura de análise mais complexa;
- 2) Indicadores físico-termodinâmicos: esta forma de indicador pode ser expressa entre uma variável termodinâmica na entrada da análise e seu posterior resultado sendo algo físico, como por exemplo unidades de produtos;
- 3) Indicadores econômico-termodinâmicos: a entrada da análise são unidades termodinâmicas e os resultados tem relação com o preço de mercado e outras variáveis econômicas;
- 4) Indicadores econômicos: relacionam a eficiência e sua relação com o mercado, em termos de preço (unidade monetária).

Nas indústrias, os indicadores mais utilizados são os de cunho físico-termodinâmico. Alguns autores, como Domanski (2011) fazem uso deste indicador para refletir um consumo específico de energia, como se demonstra na Equação 8:

$$CEE = \frac{\text{Consumo de energia}}{\text{Produtos produzidos}} \quad [\text{Eq. 8}]$$

Onde:

CCE = Custo evitável de Energia.

Segundo MENKES (2004) e GORLA (2009) é válido afirmar que os indicadores de desempenho energético devem demonstrar a situação real da eficiência energética nas organizações, principalmente as que representam a maior parcela de consumo, tornando-se imprescindível impor medidas de controle e de economia de energia, que poderiam conservar aproximados um quinto da energia consumida na indústria nacional, estimulando a competitividade e a redução de impactos ambientais, além de abrir caminhos para a implantação de um Sistema de Gestão de Energia com melhoria contínua garantida e consolidada.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Considerações Iniciais

As ações de eficiência energética na indústria são de certa forma bastante amplas, podendo variar conforme o seguimento do qual a indústria pertence e nas instalações inerentes ao processo de fabricação. Para este trabalho optou-se por uma fábrica pertencente ao PIM no subsetor de eletroeletrônicos, dada a relevância deste segmento e do PIM para a economia local, regional e nacional quanto sua contribuição ao PIB e pelas oportunidades de melhoria no setor, devido a quase inexistência de implantação de programas de eficiência energética ou mesmo de ações pontuais para o melhor uso da energia. Estas oportunidades devem ser pesquisadas e ampliadas, principalmente devido ao alto valor da energia para a indústria e por esta energia elétrica que abastece o PIM ser proveniente da queima de combustíveis fósseis em sua maior parcela de geração, causando impacto ambiental devido a emissão de GEEs (FIGUEIREDO et al, 2002).

Este trabalho tem, portanto a finalidade de verificar a situação real de consumo de energia elétrica em uma indústria do PIM e as oportunidades de melhoria a partir da aplicação de uma ferramenta de diagnóstico energético, avaliação de itens específicos de consumo e os principais desafios na implantação tanto de uma fonte alternativa de energia como de um sistema de gestão de energia adequado a fábrica em questão, visando reduzir o impacto ambiental causado pela atividade fabril a partir do consumo da energia elétrica como insumo da produção.

Esta pesquisa foi elaborada no período de abril a setembro de 2014 em uma fábrica de produtos eletroeletrônicos do PIM. Foram adotados três eixos visando nortear o estudo de eficiência energética definido para esta pesquisa. O primeiro eixo, baseado nas recomendações da literatura pesquisada e no que se refere a coleta de informações, sob forma de uma “radiografia” do que e onde se consumia energia, foi voltado à aplicação de um questionário de eficiência energética visando obter dados dos sistemas energo-intensivos existentes, gerando um balanço energético e posteriormente a emissão de um relatório de recomendações, com ações pontuais e aceitáveis sobre a melhoria da eficiência energética e de seu consumo de energia.

O segundo foi a análise do sistema de equipamentos por outros equivalentes de melhor eficiência e baixo consumo.

Finalmente o terceiro eixo foi o estudo de implantação de uma microusina de energia elétrica alternativa, visando garantir uma parcela de redução do consumo de um setor específico da fábrica, o impacto desta redução ampliado para toda a organização e a possibilidade de implantação de um sistema de gestão de energia para controlar e garantir sua otimização energética e reduzir o impacto ambiental. A Figura 17 apresenta um fluxograma que explana a metodologia empregada neste trabalho.

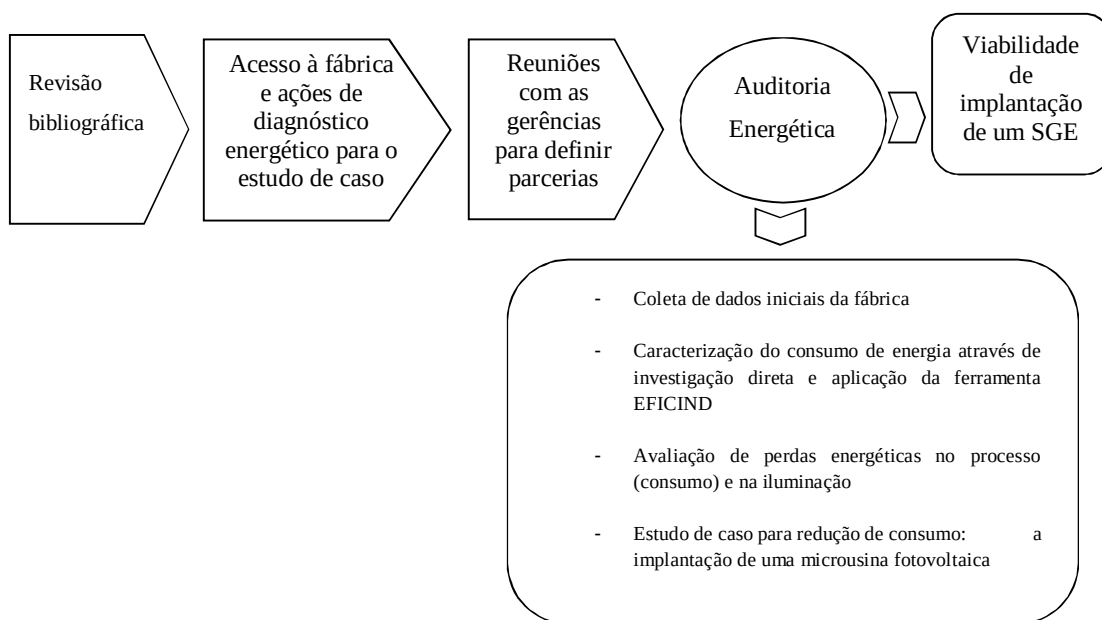


Figura 17. Metodologia utilizada na pesquisa.

3.2 Caracterização da indústria de eletroeletrônicos onde se desenvolveu a pesquisa

A indústria onde se aplicou a presente pesquisa é a Technicolor Brasil Mídia e Entretenimento LTDA. Esta fábrica tem sede nos Estados Unidos e possui uma filial no PIM desde maio de 1999. Trabalham nela 682 funcionários (dados de setembro/2014) e opera em 3 turnos de 8h cada, além de um turno no horário comercial (7 às 17h. Seus principais produtos produzidos são aparelhos de recepção, reprodução, gravação e amplificação de áudio e vídeo, também chamados de moduladores ou demoduladores para comunicação via cabo ou rede telefônica, produzindo também placas de circuito impresso montada. A partir de dados fornecidos pela empresa em questionário aplicado durante o período da pesquisa, citam-se a seguir os principais dados:

- Faturamento em 2012: R\$ 112.160.859,00;
- Faturamento em 2013: R\$ 65.706.747,00;
- Quantidade produzida em 2013 (média mensal): 436.000 produtos/mês;
- Quantidade produzida em 2013 (total anual): 6.217.587 produtos;
- Consumo energético médio: 218,80 MWh/mês.

3.2.1 Demanda de energéticos

Atualmente, sua maior demanda energética é em consumo direto de energia elétrica e uma pequena parte em óleo diesel. Após aplicação do questionário EFICIND e pesquisa de campo diretamente nas áreas, constatou-se que dentre os processos produtivos desta indústria os que mais contribuem para o seu consumo energético são: ar comprimido (22% da demanda de energia), esteiras de inserção, montagem, inspeção e testes dos produtos (25%), climatização (20%), iluminação (21%) e área administrativa (12%), os dados foram obtidos através da análise direta da demanda contratada presente nas faturas de energia elétrica, comparando-se com medição direta na planta baixa da indústria (área em m²), relação de equipamentos identificados em pesquisa de campo perfazendo toda a fábrica, dados relatados no questionário EFICIND e entrevista direta com a equipe de O&M e a chefia imediata. Como sistema de suporte de energia, existem dois grupos geradores a diesel, para fornecer energia elétrica em casos de emergência.

3.3 Questionário de diagnóstico de eficiência energética

O questionário de diagnóstico energético aplicado na Indústria Technicolor possui um roteiro de compilação de dados devidamente consolidado, pertencente a um seleto grupo de pesquisa da UFAM como parte de um programa nacional de pesquisa denominado “Estudo de prospecção de potencial para a eficiência energética – EFICIND”. As empresas possuem adesão voluntária, sendo esta a principal dificuldade de coleta de dados, todavia a fábrica se prontificou em respondê-lo.

Este questionário foi respondido via internet no mesmo período supracitado diretamente pelo técnico responsável pela infraestrutura da empresa, perfazendo toda a demanda energética da indústria.

3.4 Eficiência energética no sistema de iluminação

3.4.1 Descrição do ambiente de estudo

O estudo em questão está sendo realizado em um setor específico, definido em comum acordo pela equipe de pesquisa e o responsável pelo setor de infraestrutura da fábrica. Este setor possui diversos postos de trabalho com atividades diferentes entre si, como bancadas para montagem de moduladores para televisores, bancadas de configuração, testes de equipamentos e empacotamento (produto acabado). Foi possível verificar postos inativos e locais vagos no ambiente de estudos, porém as linhas de produção que englobam estas atividades se modificam com frequência dentro da fábrica, inclusive a área onde o estudo foi iniciado sofreu esta modificação.

A Figura 18 mostra alguns pontos da área de estudo do sistema de iluminação.

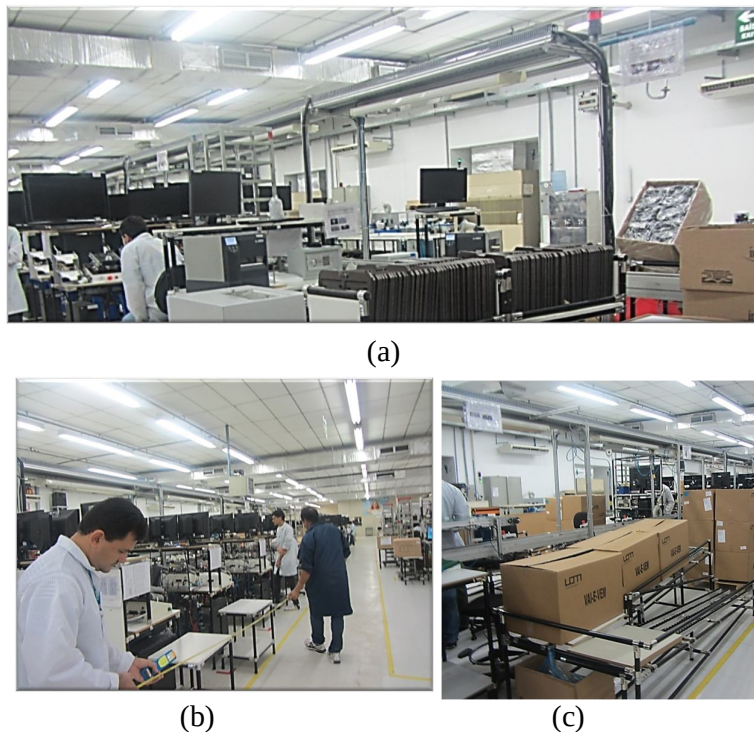


Figura 18. (a) Área de testes e empacotamento dos equipamentos; (b) Área dos monitores para programação e testes dos equipamentos e (c) Área dos materiais para a produção.

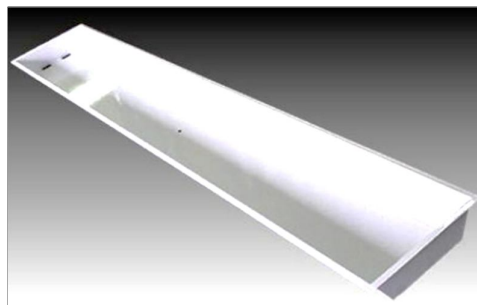
A área de estudo presente no setor produtivo perfaz três fileiras de luminárias, onde duas fileiras contam com 17 luminárias e a terceira com 15 luminárias. A Figura 19 a seguir

ilustra bem esse setor da fábrica. As linhas de luminária estão situadas mais próximas à parede lateral.



Figura 19. Linhas de luminárias no ambiente de estudo da fábrica.

As luminárias empregadas neste ambiente são do tipo calha, conforme ilustra a Figura 20, com 2400 mm de comprimento e capacidade para duas lâmpadas.



Fonte: PLANAM (2010).

Figura 20: Luminária do tipo calha de 2400 mm.

As lâmpadas instaladas são fluorescentes tubulares da marca Osram, com diâmetro de 38 mm ou T12 (como costumam ser identificadas), do tipo HO (High Output), ou seja, com alto fluxo luminoso e potência de 110 W, possuindo as seguintes características técnicas:

- Potência (Watts): 110 W
- Comprimento (mm): 2.371
- Diâmetro (mm): 38
- Base: D.C.E.

- Fluxo Luminoso (Lm): 8.300
- Rendimento (Lm/W): 75
- Vida Média (Horas): 12.000h
- Temperatura de Cor: 6.500 K;
- IRC: 79.

Cada luminária possui um reator para as duas lâmpadas. O modelo instalado é o POUP-HO da marca INTRAL, série 02431. Na Figura 21, visualiza-se o modelo utilizado.



Fonte: INTRAL (2012)

Figura 21. Reator POUP-HO, 2 x 110 W.

As características dos reatores são as seguintes:

- Potência total: 205W
- Tensão: 220V
- Fator de potência: 0,99
- THD: $\leq 10\%$
- I: 0,94A

3.4.2 Metodologia adotada na substituição das lâmpadas

A seleção da tecnologia para promover a eficiência energética no sistema de iluminação do ambiente de estudo findou na escolha das lâmpadas LED tubulares. Essa tecnologia se mostrou melhor adequada por possuir características similares às das lâmpadas fluorescentes, permitindo que seja feito o uso das luminárias existentes, reduzindo custos de substituição destes suportes. Além disso, não fazem uso de reatores, são fáceis de serem instaladas, exigem pouca manutenção e apresentam menor custo operacional por ter tempo de

vida útil mais elevado, além de ter um consumo menor, que representará uma redução no consumo de energia elétrica da empresa. A lâmpada selecionada é do modelo TUBE LED, da empresa LED Star, ilustrada na Figura 22.



Fonte: LED Star (2014).

Figura 22. Lâmpada LED TUBE.

As características técnicas dos modelos de lâmpada tubular fornecidas pela fabricante são demonstradas na Figura 23:

		Segmento	Lâmpada Tubular LED		
		Modelo	10W	20W	HO*
Características	Ópticas	Ângulo de fecho	120° Difuso		
		Temperatura de cor	5.700 K		4.000 / 5.700 K
		IRC	> 70		
	Elétricas	Potência do sistema	12 W	21 W	60 W
		Tensão de operação	90 a 265 V		
	Mecânicas	Grau de proteção IP	IP20		
		Peso	0,180 kg	0,285 kg	0,65 kg
		Dimensões (mm)	28(D) x 600	28(D) x 1.200	28(D) x 2400
	Produto	Expectativa de vida	50.000 horas		
		Temp. de operação	-20°C + 45°C		-20°C + 60°C
		Equivalência	Lâmpada fluorescente 16/18/20W	Lâmpada fluorescente 32/36/40W	Lâmpada fluorescente HO 110W

Fonte: LED Star (2014).

Figura 23. Características das lâmpadas tubulares LED da LED Star.

A lâmpada do modelo HO foi o modelo adquirido para a substituição das lâmpadas fluorescentes por apresentarem mesma equivalência às existentes.

3.4.3 Metodologia adotada para o estudo comparativo

O estudo comparativo avalia a eficiência energética em dois cenários:

- 1º Cenário: utilização de lâmpadas fluorescentes tubulares;
- 2º Cenário: utilização de lâmpadas LED.

Este estudo terá como finalidade verificar a viabilidade da substituição das lâmpadas em duas linhas de análise. A primeira avalia os níveis de iluminação e a segunda avalia os parâmetros elétricos em cada um dos dois cenários.

As duas linhas de análise foram feitas para o primeiro cenário, porém, até o término deste estudo não foi possível realizar os testes com o segundo cenário, permitindo apenas realizar uma simulação a partir dos dados de fabricação das novas lâmpadas LED.

- **Primeira linha de Análise - medições dos níveis de iluminação**

A análise utilizada seguiu as recomendações da norma da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que trata de "Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior". Ela trata de todos os parâmetros necessários para adequar projetos de iluminação. A seção 5 da norma citada apresenta uma tabela com o nível de iluminância mantida para diversas áreas de trabalho. O nível de iluminância adequado para o ambiente estudado é de 500 lux.

A análise seguiu as recomendações da norma para os "locais de trabalho desconhecidos", ou seja, como se todo o ambiente de estudo fosse o local de trabalho. Ficou definida desta forma em função das mudanças de locais de trabalho eventuais que ocorrem no ambiente de estudo da fábrica.

Além disso, o Anexo B desta norma orienta a fazer as medições de iluminância a partir de malhas para grandes ambientes, como foi o caso do ambiente estudado. As malhas teriam em média 3 metros de comprimento e largura ou valor aproximado. Ainda complementando as especificações dos procedimentos de medições, a norma citada recomenda que as medições devem ser feitas a uma altura de referência de 0,75 metros a partir do piso.

A área do ambiente de estudo tem 65,17 metros de comprimento por 9,40 metros de largura na frente e 7,72m de fundo. Esta diferença se dá em função de terem inserido uma saleta nesta região da fábrica e que representou um corte de 8,39m de comprimento e 64m de largura

A visualização do ambiente de estudo dentro da fábrica, onde foi possível verificar os postos de trabalho existentes no período em que foram feitas as medições encontra-se dispostas em figuras no decorrer deste trabalho.

Equipamentos de medição

- Medidor de Intensidade de iluminância - luxímetro modelo MLM-1020 da Minipa;

- Trena de fita de aço de 5cm;
- Prancheta e caneta para anotar os dados das medições;
- Desenho em escala adequada, contendo mapa esquemático das medidas a serem realizadas e com local para anotar os valores medidos;
- Máquina fotográfica para registrar as etapas das medições.

Procedimentos adotados para a medição

Iniciam-se as medições dividindo a sala, "virtualmente". A seguir elencam-se as demais etapas:

- Seguindo a orientação da norma citada, o ambiente de estudo foi dividido em 3 linhas de malhas, na forma como foi indicada na Figura 24 e foram realizadas medições em cada linha de malha por vez;
- As medições começaram pelo lado esquerdo da sala, onde se encontra a parede (Linha de malha 1);
- A partir da parede marcou-se a distância de 1,57 m para alcançar a posição no eixo vertical do centro da malha e a partir do limite marcado da área de trabalho (faixa amarela traçada no piso da fábrica) marcou-se a distância de 1,49m para alcançar a posição no eixo x. Dessa forma, encontrou-se o centro da primeira malha, como é possível ver nos pontos pretos, alguns identificados pelos números de 1 a 4.

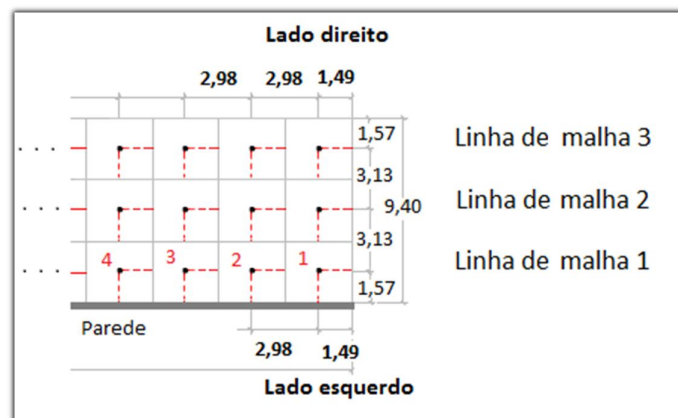


Figura 24. Visão dos traçados "virtuais" para determinar o centro de cada malha.

- Em seguida, posicionou-se o luxímetro à altura de 0,75m e realizou-se a primeira medição no ponto 1 indicado na figura.

- V. As medições seguintes à primeira malha ocorreram com a marcação dos meios medindo o comprimento da malha, de 2,98m, como foi possível observar nos pontos 2, 3, 4 e assim por diante, e confirmando as distâncias de 1,57m a partir da parede.
- VI. As outras linhas de malha seguiram o mesmo procedimento até finalizar as medições.
- VII. Vale observar que nas últimas malhas das linhas 1 e 2 (ao final das linhas) apresentaram tamanho menor do que as outras malhas. No dimensionamento das malhas o tamanho deveria ser o mesmo, porém durante as medições verificou-se que as medidas da área do ambiente de estudo no desenho padrão CAD não estavam de acordo com a medida real. Dessa forma, essas duas últimas malhas ficaram medindo 3,13x2,3m².

- **Procedimentos adotados para análise dos dados coletados**

Os dados coletados de iluminância foram tratados em planilha eletrônica, onde foram feitas todas as análises de frequência das informações coletadas pelo software Surfer 12, da Golden Software, que é um programa voltado para modelagem de terreno, análise de superfícies, mapeamento de contorno, geração de mapas de superfície 3D, dentre outros (GLOBALGEO, 2011).

Com este programa tornou-se possível traçar os níveis de iluminância no ambiente estudado a fim de determinar os pontos críticos.

- **Segunda linha de Análise - medições dos parâmetros elétricos**

A avaliação dos parâmetros e monitoramento da energia elétrica em instalações conectadas à rede das concessionárias de energia do país, deve obedecer ao que estabelece os Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional - PRODIST/ANEEL, instituídos por meio da Resolução Normativa nº 469/2011.

O PRODIST apresenta em seu módulo 8, duas vertentes: 1) a qualidade da energia elétrica como produto, caracterizando os fenômenos e estabelecendo os parâmetros e valores de referência da energia elétrica e 2) qualidade do serviço prestado pelas concessionárias fornecedoras de energia elétrica, através dos indicadores de continuidade e atendimento dos clientes. Este trabalho vai se limitar na análise da energia elétrica, utilizada como produto essencial às atividades industriais da empresa Technicolor.

O monitoramento realizado vai avaliar as condições de qualidade do uso da energia elétrica pelas luminárias no ambiente estudado e no restante da fábrica. Será realizado separadamente o monitoramento da energia elétrica do sistema de iluminação fluorescente em

estudo e da empresa como um todo. Posteriormente será feita a mesma avaliação quando da substituição do sistema de iluminação fluorescente pelo sistema eficiente a LED, onde será mensurado o impacto no consumo do ambiente e no consumo global da indústria. Foram portanto monitoradas as seguintes grandezas elétricas:

- Tensão em regime permanente (V);
- Corrente consumida pela carga (A);
- Demanda de energia (kW);
- Potência Reativa (kVar);
- Consumo da energia elétrica (kWh);
- Fator de potência ($\cos\phi$);
- Distorção Harmônica Total (THD) de tensão e corrente.

Para as medições das grandezas elétricas foi utilizado um sistema de medição adquirido da empresa GESTAL. Este sistema é composto por um Multimedidor comercialmente denominado Multi-K mostrado na Figura 25a. Trata-se de um instrumento digital para instalação em porta de painel elétrico, comumente, e que permite a medição de até 44 parâmetros elétricos em sistema de corrente alternada (CA).

Esta medição também é composta pelo equipamento comercialmente denominado Smart Gate M, que é um concentrador que permite o monitoramento local ou remoto em tempo real bem como o gerenciamento da demanda, mostrado na Figura 25b. Ele pode tanto monitorar diretamente no contador do padrão de entrada da fábrica, como utilidades e processos por entradas digitais ou analógicas.

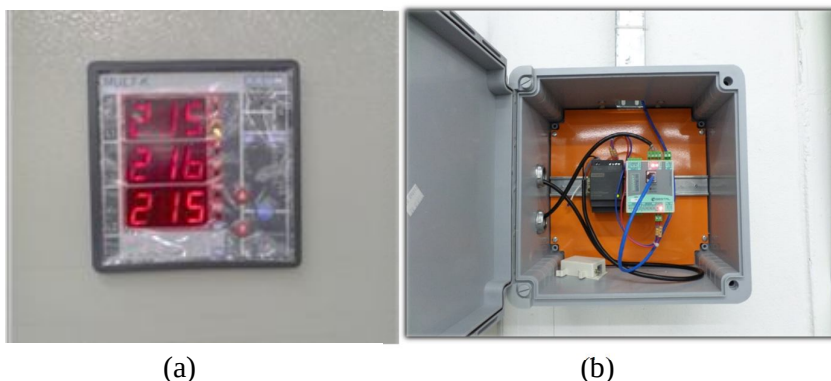


Figura 25. (a) Medidor Multi-K instalado com medição de tensão de fase e
(b) Comunicador de dados Smart Gate M da Gestal.

Há também o software Smart 32, software de supervisão e gerenciamento do sistema de medição Smart Gate M. Este software, quando instalado em um computador, permite configurar, supervisionar e gerenciar remotamente todos os parâmetros elétricos através de gráficos e relatórios. Ele possui memória de massa dinâmica para armazenar até 24 medições de energia, mantendo os dados por um período entre 22 e 50 dias. Para toda esta utilização de software e medições, foi empregado um microcomputador com configuração adequada à necessidade de tabulação dos dados.

- **Procedimentos adotados para a medição**

As medições dos parâmetros elétricos foram realizadas no período de dois meses, com a coleta semanal dos parâmetros elétricos determinados para a medição. O software permite a coleta dos dados no período determinado, não necessitando fazer a coleta presencialmente. A tela principal do software pode ser vista na Figura 26, onde são indicadas, de acordo com as recomendações do software Smart 32 os pontos de coleta de dados.



Fonte: GESTAL (2014).

Figura 26. Tela inicial do software Smart 32.

O Smart 32 é composto pelos seguintes itens principais para a análise da qualidade de energia:

- Tela de supervisão;
- Recepção histórica de qualidade de energia elétrica;
- Relatório gráfico e eventos de qualidade de energia elétrica;
- Relatório gráfico com histograma de qualidade de energia elétrica.

Na tela de supervisão, mostrada na Figura 27, é possível ver em tempo real as medições das grandezas elétricas efetuadas pelo medidor Multi-K:



Fonte: GESTAL (2014).

Figura 27. Tela de supervisão das grandezas elétricas.

Outro fator relacionado à linha de análise da qualidade de energia, que o projeto prevê, é o controle dos harmônicos, para isto o software também permite a supervisão deles até o harmônico da 40ª ordem. A Figura 37 mostra essa tela de supervisão.

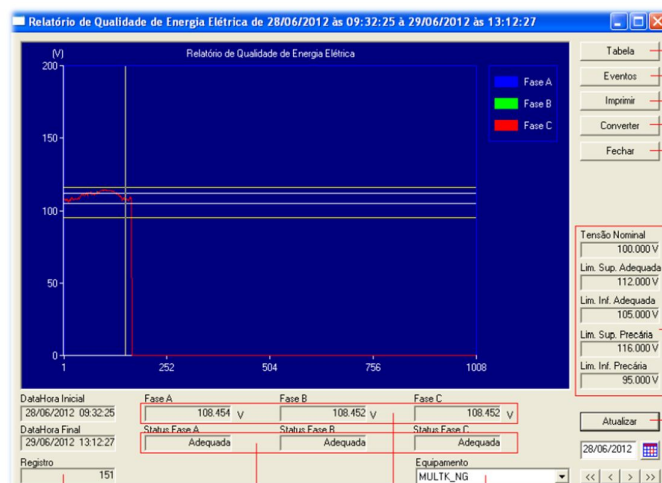
Descrição	Tensão 1	Tensão 2	Tensão 3	Corrente 1	Corrente 2	Corrente 3
THD (%)	6.570	6.510	6.570	3.810	3.860	3.830
Harmônica 1	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Harmônica 2	0.000	0.079	0.079	0.000	0.000	0.000
Harmônica 3	5.780	5.823	5.823	2.529	2.529	2.600
Harmônica 4	0.056	0.000	0.056	0.000	0.000	0.000
Harmônica 5	2.328	2.205	2.244	2.332	2.332	2.236
Harmônica 6	0.000	0.000	0.056	0.000	0.000	0.000
Harmônica 7	1.347	1.305	1.305	1.265	1.265	1.200
Harmônica 8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Harmônica 9	0.012	0.065	0.065	0.024	0.000	0.000
Harmônica 10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Harmônica 11	0.804	0.714	0.750	0.566	0.566	0.721
Harmônica 12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Harmônica 13	0.402	0.402	0.402	0.566	0.566	0.447
Harmônica 14	0.000	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000
Harmônica 15	0.056	0.000	0.056	0.000	0.000	0.000
Harmônica 16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Harmônica 17	0.499	0.529	0.514	0.400	0.400	0.400

Fonte: GESTAL (2014).

Figura 28. Tela de supervisão de harmônicos.

Além das telas que permitem visualizar de forma instantânea as grandezas medidas, é possível gerar um relatório de dados no ícone relatório de qualidade de energia elétrica, no item 3 da tela principal. Clicando no botão relatório de qualidade de energia elétrica é

visualizado o relatório referente ao último período registrado, conforme Figura 29. Também é possível a impressão do gráfico e todos os registros que compõem o período escolhido pelo usuário e a geração de arquivos em diferentes extensões.



Fonte: GESTAL (2014)

Figura 29. Tela de relatório de energia elétrica.

A partir dessa tela inicial é possível gerar gráficos individuais de cada grandeza elétrica e tabela de dados.

3.5 Eficiência energética na implantação de um sistema de energia alternativa

3.5.1. Descrição da demanda de energia

As cargas a serem atendidas pelo sistema alternativo de geração de energia são as lâmpadas LED tubulares. Foram instaladas 98 lâmpadas LED em 49 luminárias. As características das lâmpadas e do consumo teórico são listadas na Tabela 6:

Tabela 6: características de consumo da lâmpada LED

Lâmpada LED		
QUANTIDADE	98	Unidade
POTÊNCIA	60	W
TEMPO DE USO/DIA	24	Horas
DIAS TRABALHADOS/MÊS	26	Dias
Potência Instalada	5,88	kW
Energia consumida: MÊS	3.669,12	kWh
Energia consumida: ANO	44.029,44	kWh

Fonte: Dados do fabricante e coletados na fábrica. Adaptado pelo autor.

Estimou-se a utilização de todas as lâmpadas em 24h por dia, em seis dias por semana de funcionamento da fábrica, considerada a pior condição, sem nenhum plano de gestão de energia, como por exemplo, desligamento de parte da iluminação na área fabril. O consumo nesta condição foi calculado em 3.669,12kWh por mês, o que por dia representa 141,12kWh a serem consumidos.

3.5.2. Metodologia adotada na seleção do sistema

A opção levantada para um sistema alternativo de geração de energia elétrica foi com a adoção da geração distribuída que, segundo Gazoli et al (2012) é caracterizada pelo uso de pequenos geradores descentralizados. Isto permite a geração de energia elétrica próxima do consumo, evitando a instalação de redes de transmissão e/ou distribuição, que representam grandes perdas de carga. Gazoli et al (2012) ainda acrescenta que esse tipo de sistema amplia a oferta de eletricidade no país, trazendo diversos benefícios, especialmente na movimentação da economia brasileira para atender a manutenção necessária e baixar os custos de componentes destes sistemas, em nível nacional e posteriormente local.

Dessa forma, buscou-se a tecnologia que apresentasse uma geração de energia segura, sustentável e de fácil instalação dentro das dependências da fábrica. E a tecnologia mais adequada a essa realidade foi a que utiliza painéis fotovoltaicos, com o aproveitamento de energia solar.

A Região norte possui uma grande concentração de nuvens durante o ano, tornando a radiação muito variável de localidade a localidade, porém com valores significativos, na ordem de 16MJ/m² por dia, ou seja, 4,48kWh/m² por dia, podendo haver variações no decorrer dos meses, entre 3,92kWh/m² e 5,04 kWh/m² por dia (UFPE, 2000). Vale também destacar que as horas de insolação diária média no decorrer do ano no Amazonas são de 4,8 horas.

Em se tratando do segmento industrial, os sistemas fotovoltaicos podem substituir parte da energia elétrica consumida da rede da concessionária local. No caso específico de Manaus, essa redução no consumo de energia elétrica da rede, representaria não somente uma redução de custos do uso da chamada energia industrial, com uma redução de emissões de gases efeito estufa, provocados de maneira desproporcional pelos equipamentos geradores das usinas termelétricas. Contudo, uma desvantagem encontrada para a utilização dessa tecnologia nas indústrias localizadas em grandes centros é a área que ela exige para ser instalada. Analisando um pior caso para área dos painéis fotovoltaicos, pode-se ter para cada 150W instalado a utilização de 1m² de área, ou para cada 1kWh gerado, é preciso 1,33m², sem

considerar as estruturas de fixação dos painéis e o espaço que deve ser dado entre eles e inclinação. Estimando que uma indústria tenha um consumo mensal de 500.000 KWh, é praticamente inviável conseguir uma área de mais de 600 mil m² para instalar os painéis, por exemplo. Dessa forma, torna-se algo improdutivo substituir toda a energia consumida da rede. Deve-se somente utilizar nos horários de pleno sol e em pequenos setores, especialmente os que não fazem uso de motores, que exigem grande quantidade de carga durante a partida.

3.5.3. Descrição do sistema selecionado

O sistema selecionado para este projeto foi, portanto o sistema fotovoltaico, onde se utiliza os painéis fotovoltaicos para a geração de energia elétrica. Esse tipo de sistema pode ser ligado de forma isolada ou conectado à rede elétrica da concessionária. No caso do sistema escolhido para o projeto, será do tipo conectado à rede elétrica, com banco de baterias para compor a reserva em caso de interrupção de fornecimento.

Vale salientar que este sistema irá funcionar inicialmente de forma isolada, e posteriormente a empresa irá adequar suas instalações para fazer a conexão com a rede, visando atendimento à Resolução normativa 482/2012 da ANEEL, que pretende facilitar a conexão com a rede de mini e microusinas de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e estabelece um sistema de compensação de energia (*net metering*) às organizações que fizerem uso desta tecnologia, até então inexistente em uma fábrica do PIM.

Dessa forma, esse tipo de sistema é composto basicamente de:

- Painéis fotovoltaicos;
- Controlador de carga;
- Inversor de corrente;
- Acumuladores (baterias);
- Acessórios de proteção e comunicação.

O sistema adquirido tanto funciona ligado exclusivamente à rede como pode funcionar de forma isolada, com as baterias fornecendo energia como carga adicional, e poderá funcionar ligado à rede com as baterias funcionando como reserva de carga (*backup*).

- **Levantamento da localização e posicionamento da implantação do sistema**

O primeiro passo para o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico é identificar o local a ser instalados os painéis. A Figura 30 indica a localização via satélite da área da

fábrica. A seta indica o local definido para instalação do sistema fotovoltaico (construção dos suportes e montagem das placas).

Foi definida a localização geográfica dos painéis, com as seguintes coordenadas: $3^{\circ} 2' 21,32''$ Sul e $60^{\circ} 0' 24,51''$ Oeste, confirmadas via equipamento GPS da marca Garmin. O programa utilizado, Google Earth, fornece a sugestão de indicação do norte geográfico, localização necessária para o posicionamento dos painéis, como está indicado no canto direito superior da imagem.



Fonte: GOOGLE EARTH (2014).

Figura 30. Imagem em satélite da empresa Technicolor.

Posteriormente é preciso definir a irradiação do local, a partir de banco de dados de instituições como a do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB, ou outro, e definir a Hora de Sol Pleno (HSP) na região, que é o período em que os painéis receberão a irradiação efetiva do sol durante o dia, com aproveitamento estimado de 100% de sua potência instalada, mesmo porque durante as horas de sol pleno, os painéis conseguem desenvolver sua máxima eficiência e fornecer o potencial nominal máxima dentro deste período, o que não ocorrer em outros intervalos de tempo ou por problemas de clima.

No caso de Manaus, considera-se 4,93 HSP. Assim, esse sistema fornece a garantia de geração de energia elétrica durante 4,93 horas por dia na máxima potência de 1.000Wh/m^2 . O que no total representaria 4.930Wh/m^2 , sabendo que esse valor poderá variar nos dias chuvosos e nublados. Após esta pré-definição da posição dos painéis e das horas de sol pleno é preciso definir também a inclinação que os painéis terão que ficar para captar a irradiação

solar. Para esta variável há uma regra para o cálculo da inclinação utilizando os dados da latitude do local, como foi citado no capítulo 2 desse trabalho.

Aplicando valores à fórmula, obteve-se a inclinação de 4 graus. Porém é recomendável que a inclinação mínima seja de 15 graus de inclinação, se o valor encontrado for menor; para este projeto, utilizou-se os 15 graus. Esta recomendação é conveniente para o caso de se evitar o acúmulo de sujeitas na placa (o que poderá diminuir seu rendimento) e permitir a autolimpeza na ocorrência de chuvas.

- **Levantamento de cargas**

O projeto foi realizado para atender a carga das lâmpadas LED a serem substituídas em um setor da fábrica. A quantidade de substituições foi estabelecida em 110 unidades de lâmpadas LED de 60W de potência, ou seja, terá uma potência instalada de 6.600W, ou 6,6kW, porém a realidade até o momento da entrega deste trabalho aponta que somente 49 luminárias estão instaladas no ambiente de estudo, somando 98 lâmpadas LED a serem instaladas. Inicialmente vale destacar que a fábrica funciona de segunda a sábado, num período de 24 horas, nestes seis dias. Assim, tem-se que o consumo diário levantado será de 141,12kWh para o período de 24 horas.

- **Dimensionamento dos Equipamentos**

Sabe-se que a demanda exigida pelo sistema de iluminação será de 5,88kW, dessa forma a potência instalada dos painéis fotovoltaicos deverão atender esta demanda. Antes de iniciar o dimensionamento, é preciso ter as informações dos equipamentos que julgam-se ideais para o sistema. Após o início do dimensionamento realiza-se a adequação dos mesmos quando necessário. Os itens seguintes descreverão de forma sucinta cada equipamento básico que comporão sistema fotovoltaico.

- **Painel Fotovoltaico**

O painel fotovoltaico é o responsável pela geração da energia elétrica. Ele é o gerador de energia propriamente dito, e se utiliza do fenômeno da fotocondutividade, por possuir em sua composição o silício, como material semicondutor. Os elétrons do material absorvem a energia luminosa liberando energia acompanhados de emissão luminosa. Esta ação faz com que o elétron se desloque da sua posição inicial, realizando o fenômeno de condutividade elétrica (SCHMIDT, 2011).

O painel selecionado é fabricado pela empresa Mitsubishi Electric, tem potência de 255W, tensão de trabalho de 24V. A Tabela 8 a seguir apresenta as características técnicas do equipamento, necessárias para o dimensionamento.

Tabela 7. Características do painel fotovoltaico da Mitsubishi Electric:

Características do painel escolhido:	
Potência máxima (Wp)	255
Corrente máxima (A)	8,18
Corrente de curto (A)	8,89
Tensão nominal (Vdc)	24
Tensão máxima (Vdc)	31,2
Eficiência do painel (%)	15,4%

Fonte: Dados do fabricante e coletados na fábrica. Adaptado pelo autor.

- **Inversor de corrente**

O inversor é o responsável pela conversão da corrente contínua (CC) gerada pelos painéis em corrente alternada (CA) para ser usada pelos equipamentos elétricos em CA e ser inserida na rede elétrica da concessionária, sincronizando com tensão e frequência de operação no ponto de conexão do inversor com esta rede.

O modelo adquirido demonstrado na Figura 31 é de fabricação americana, da empresa Outback Power. Ele é do tipo *Grid-Tie*, que permite conexão com a rede elétrica da concessionária. Possui potência de 3,6kW a uma tensão de 48V, modelo ventilado e integra um inversor onda senoidal CC para CA, um carregador de bateria e um interruptor de transferência CA, ou seja, oferecem a capacidade de inserir energia à rede pública, ao mesmo tempo em que fornece energia ao sistema de armazenamento. No caso de uma falta de energia elétrica provida da rede pública este interruptor de transferência realiza a desconexão do sistema da rede e permite que o sistema de armazenamento atenda as cargas. Isto não ocorre com sistemas tradicionais ligados à rede, que somente operam se a rede estiver funcionando adequadamente.



Fonte: OUTBACK (2014).

Figura 31. Inversor Grid-Tie da Outback Power TM.

- **Acumuladores (ou baterias estacionárias)**

Os acumuladores de energia, comumente chamados de baterias, são responsáveis pelo armazenamento da energia para ser utilizada na falta do sistema de geração. Em sistemas isolados, elas são fundamentais para o suprimento durante a noite. Em sistemas conectados à rede, elas funcionarão como backup quando houver falha na rede elétrica.

A bateria selecionada para o sistema é da fabricante MOURA, modelo Nano Clean, tem capacidade de 220AH e tensão de 12V. A Figura 32 demonstra como é um banco de baterias, instalados em uma estante apropriada.



Fonte: ENERGIA PURA (2014).

Figura 32. Banco de acumuladores em um sistema fotovoltaico.

Com o sistema ligado à rede, o banco de baterias seria como uma garantia de suprimento de energia durante 8 horas na falta da energia do sistema e da rede, porém, no caso em que o sistema irá funcionar de forma isolada, as 8h serão um acréscimo ao período da HSP

para fornecimento de energia elétrica ao sistema. Ou seja, esse sistema irá atender ao período de maior consumo da fábrica.

- **Controlador de carga**

O controlador é responsável por estabilizar a carga que será inserida nas baterias. A bateria para manter sua eficiência e o tempo de vida útil necessita ter um carregamento constante não podendo haver grandes variações na tensão. Além disso, o controlador evita que a bateria sofra um sobrecarregamento ou que seja descarregada a um nível abaixo do estabelecido para manter os níveis de ciclagem adequados (VILLALVA E GAZOLI, 2012).

O modelo escolhido é o FLEXmax 80 da OutBack Power Systems, mostrado na Figura 33, do tipo MPPT, fazendo o aproveitamento da máxima potência e com corrente máxima de saída de 80A. Esse tipo de controlador trabalha com tensões nominais de 12V, 24V, 48V e 60V, visando atender diversas características do sistema.



Fonte: Outback (2014).

Figura 33. Controlador de carga da Outback Power Systems.

Esse tipo de carregador leva a corrente ao seu valor máximo dentro do limite suportado pelo próprio controlador e como a tensão da bateria descarregada é baixa, ela vai aumentando gradativamente com a carga sendo inserida. Para que o carregamento seja feito de forma rápida, toda a energia que o painel fotovoltaico pode entregar o controlador retira para inserir nas baterias (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

- **Cálculo da quantidade de painéis**

As equações fundamentais para dimensionar a quantidade de painéis são representadas a seguir.

$$\text{Nº painéis em série (strings)} = \frac{\text{nominal do sistema}}{\text{nominal do painel}} \quad [\text{eq. 09}]$$

$$N^{\circ} \text{ painéis em paralelo} = \frac{\text{Consumo das cargas (kWh)}}{\text{nom do sistema} \times \text{HSP} \times \text{corrente do painel}} \quad [\text{eq. 10}]$$

$$N^{\circ} \text{ total painéis} = n^{\circ} \text{ painéis série} \times \text{número painéis paralelo} \quad [\text{eq. 11}]$$

- **Cálculo da quantidade de baterias**

Para calcular a quantidade de baterias é preciso definir o período de autonomia do sistema de armazenamento. Assim, as equações seguintes demonstram esta forma de cálculo:

$$N^{\circ} \text{ baterias em série} = \frac{\text{nominal do sistema}}{\text{nominal da bateria}} \quad [\text{eq. 12}]$$

$$N^{\circ} \text{ baterias em paralelo} = \frac{\frac{\text{Consumo das cargas (kWh)}}{\text{nom do sistema}} \times \frac{\text{capacidade de armazenagem}}{\text{profundidade de descarga}}}{\text{capacidade de carga}} \quad [\text{eq. 13}]$$

$$N^{\circ} \text{ total baterias} = n^{\circ} \text{ baterias série} \times \text{número baterias paralelo} \quad [\text{eq. 14}]$$

- **Cálculo da quantidade de inversores e controladores**

Para dimensionar a quantidade de inversores e controladores, é importante, verificar a possibilidade de divisão do sistema em blocos de geração e armazenamento, visando otimizar melhor a energia gerada, por exemplo se houver uma falha em alguma parte do sistema, ele não fica totalmente desligado. O Ideal é que em cada bloco tenha em média de 10 a 15 painéis, sendo sempre observado o cálculo para não ocorrer um superdimensionamento do sistema. Além disso, vale destacar que os inversores, em sistemas conectados à rede, têm limitações de ligações de *strings* (painéis conectados em série). As recomendações de instalação orientam que o inversor deve suportar até 04 conexões de *strings* em paralelo (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

- **Etapas seguidas para a instalação do sistema**

A instalação do sistema se inicia com a instalação dos painéis fotovoltaicos. Eles devem ser instalados em estruturas metálicas com suporte adequado para a fixação dos mesmos. A Figura 34 exemplifica um tipo de instalação de painéis. Se os painéis forem

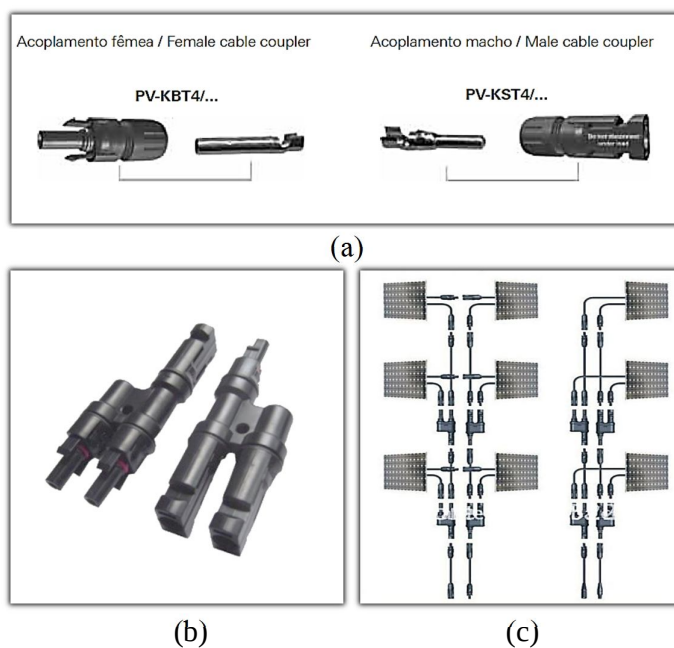
instalados em um terreno relativamente plano, em solo natural, recomenda-se a construção de bases de concreto, ou estruturas metálicas de suporte, de forma que estes fiquem fixos ao chão e intertravados, evitando sua movimentação acidental ou por ação de ventos.



Fonte: Energia Pura (2014).

Figura 34. Exemplo de painéis solares instalados em suporte metálico.

Após a instalação física dos painéis, deverão ser feitas as conexões elétricas. Os painéis atuais já vêm com conexões que facilitam a instalação. A Figura 35 mostra alguns tipos de conectores utilizados para realizar a ligação entre os painéis formas de instalação de painéis utilizando conectores MC4.



Fonte: NEOSOLAR (2014).

Figura 35. (a) Conectores do tipo MC4 macho e fêmea; (b) Conectores do tipo MC4 para ligações em paralelo e (c) Exemplo de conexão dos cabos MC4 com os painéis.

O restante dos equipamentos deve ser instalado em um local abrigado, com proteção contra as intempéries e entrada de insetos ou animais. Esses equipamentos devem estar no máximo a 5 metros de distância da disposição dos painéis fotovoltaicos, a fim de reduzir as perdas de carga que poderiam ocorrer caso houvesse um cabeamento longo entre os painéis e os equipamentos componentes (inversor, controlador e bateria). A Figura 36 mostra um exemplo do local abrigado para os equipamentos.



Fonte: ENERGIAPURA (2014).

Figura 36. Sala de controle do Sistema Fotovoltaico do LACTEC na UFPR.

- **Metodologia para medições dos parâmetros elétricos da energia gerada pelo sistema**

A metodologia para as medições dos parâmetros elétricos seguirá a mesma metodologia adotada para o sistema de iluminação. Será usado o mesmo sistema de medições, com a inserção de um medidor Multi-K no quadro de energia da geração fotovoltaica, logo após a saída dos inversores.

Os procedimentos foram os mesmos citados no item 3.4.3, do subtópico Segunda linha de Análise - medições dos parâmetros elétricos, realizando medições semanais, a fim de descrever o comportamento do sistema durante o período que o projeto estiver sendo desenvolvido.

Sabendo que no quadro das luminárias já existe um medidor, será possível verificar as informações dos parâmetros elétricos para traçar o comportamento do sistema, se estará havendo perda de carga no percurso entre o quadro da geração até o quadro das luminárias.

3.6. Alternativas de redução de perdas

Este tópico busca apresentar a metodologia adotada para avaliar a eficiência energética efetiva com a inserção de equipamentos eficientes no ambiente estudado na fábrica. Foi adotada a metodologia sugerida pelo *Manual Para Elaboração Do Programa De Eficiência Energética*, publicado em 2008 pela ANEEL.

Esta avaliação irá apresentar não só a redução no consumo de energia, como a viabilidade econômica (ou não) do sistema de eficiência energética adotado.

3.6.1. Economia de Energia e de Redução de Demanda na Ponta

O Manual de Eficiência Energética da ANEEL (2008) fornece uma metodologia para traçar um diagnóstico de cada tipo de carga a ser estudada. Ele chama de metas a Economia de Energia e de Redução de Demanda na Ponta, expressas em MWh/ano e kW, respectivamente, relacionados ao benefício que a inserção do novo sistema levará. A definição das metas deve ser feita com base na metodologia de cálculo proposto para cada uso final, conforme equações 15 e 16 demonstradas a seguir, relacionadas à iluminação.

$$RDP = [(NL_1 \times PL_1 + NR_1 \times PR_1) - (NL_2 \times PL_2 + NR_2 \times PR_2)] \times FCP \times 10^{-3} \quad (kW) \quad [\text{Eq. 15}]$$

$$EE = [(NL_1 \times PL_1 + NR_1 \times PR_1) - (NL_2 \times PL_2 + NR_2 \times PR_2)] \times t \times 10^{-6} \quad (MWh/ano) \quad [\text{Eq. 16}]$$

Onde:

NL₁ – quantidade de lâmpadas do sistema existente;

NL₂ – quantidade de lâmpadas do sistema proposto;

PL₁ - potência da lâmpada do sistema existente (W);

PL₂ - potência da lâmpada do sistema proposto (W);

NR₁ – quantidade de reatores do sistema existente;

NR₂ – quantidade de reatores do sistema proposto;

PR₁ – potência do reator do sistema existente;

PR₂ – potência do reator do sistema proposto;

t - tempo de utilização das lâmpadas no ano, em horas;

FCP - Fator de Coincidência na Ponta a ser definido pela concessionária.

3.7 Parâmetros para avaliação econômica no projeto de eficiência energética

Para este trabalho, portanto, a avaliação econômica de viabilidade de sua implantação se divide em duas linhas principais a determinação dos custos evitados e a determinação da Relação Custo-benefício.

A metodologia de cálculo de todos os custos que envolvem as duas linhas será abordada a seguir.

3.7.1 Determinação dos custos evitados

- Custo unitário evitado de demanda

$$EE = [(NL_1 \times PL_1 + NR_1 \times PR_1) - (NL_2 \times PL_2 + NR_2 \times PR_2)] \times t \times 10^{-6} \quad (MWh/ano) \quad [Eq. 17]$$

- Custo unitário evitado de energia

$$CE = \frac{(C_3 \times LE_1) + (C_4 \times LE_2) + (C_5 \times LE_3) + (C_6 \times LE_4)}{LE_1 + LE_2 + LE_3 + LE_4} \quad [R\$/MWh] \quad [Eq. 18]$$

Onde:

LP - constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta;

LE1, LE2, LE3 e LE4 - constantes de perdas de energia nos postos de ponta e fora de ponta para os períodos seco e úmido, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta;

C1 - custo unitário da demanda no horário de ponta [R\$/kW.mês];

C2 - custo unitário da demanda fora do horário de ponta [R\$/kW.mês];

C3 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

C4 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh];

C5 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

C6 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh].

3.7.2 Determinação da Relação Custo Benefício

Este mesmo Manual da ANEEL determina que todos os projetos devem ter uma relação de Custo-Benefício (RCB), disponibilizando uma metodologia específica para este cálculo. A equação 19 demonstra esse custo:

$$RCB = \frac{\text{Custos anualizados}}{\text{Benefícios Anualizados}} \quad [\text{Eq. 19}]$$

Para compor as informações necessárias para estabelecer a Relação de Custo-benefício, se faz necessário calcular previamente os seguintes parâmetros, por meio das equações, 20, 21, 22 e 24 os custos anualizados e por meio da equação 24, o cálculo de benefícios. Todas as equações estão descritas a seguir:

A) Custos Anualizados

A1) Cálculo do custo dos materiais e/ou equipamentos com mesmo tempo de vida útil:

$$CE_{equip_n} = \sum CE_{equip_1} + CE_{equip_2} + \dots + CE_{equip_n} \quad [\text{eq. 20}]$$

Onde:

CE_{equip_n} – Custo somente de equipamento com mesma vida útil

A2) Cálculo do fator de recuperação de capital

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad [\text{eq. 21}]$$

Onde:

n - vida útil (em anos)

i - taxa de juros (taxa de desconto)

A3) Custo anualizado dos equipamentos com mesma vida útil:

$$CA_{equip_N} = CE_{equip_n} \times FRC \quad [\text{eq. 22}]$$

A4) Custo Anualizado total:

$$CA_{TOTAL} = \sum CA_{equip_1} + CA_{equip_2} + \dots + CA_{equip_n} \quad [\text{eq. 23}]$$

A ANEEL sugere no Manual que o custo anualizado dos equipamentos com a mesma vida útil ($CE_{equip n}$) também pode ser calculado utilizando os custos unitários de mão-de-obra e os custos indiretos, porém neste estudo foram considerados somente os custos com os equipamentos adquiridos.

B) Cálculo dos Benefícios

$$B = (EE \times CEE) + (RDP \times CED) \quad [eq.24]$$

Onde:

EE - Energia Economizada (MWh/ano)

CEE - Custo Evitado de Energia (R\$/MWh)

RDP - Redução de Demanda na Ponta (kW)

CED - Custo Evitado de Demanda (R\$/kW.ano)

Ao final, obtém-se o valor referente à relação custo benefício descrita na equação 09. Que conforme Blasques *et al.* (2009) apud Frozza (2013), esse é um dos principais indicadores de viabilidade do sistema de eficiência energética. Assim, ele determina que para valores acima de 1 não há viabilidade. Frozza (2013) ainda diz que é recomendável valores abaixo de 0,8.

3.8 Indicadores de desempenho energético

Um indicador energético é a medida quantitativa de desempenho energético, a ser definido pela própria organização onde se pretende implantar um SGE. Para suprir esta proposta foi estabelecido um limite de aplicação da coleta de dados em relação ao consumo e transformação de energia por setor. Após foram identificadas as variáveis e as faixas de uso padrão de consumo que deveriam ser monitoradas, medidas ou implementadas, bem como as áreas específicas que poderiam receber instrumentos de medição (ROMÉRO, 2012).

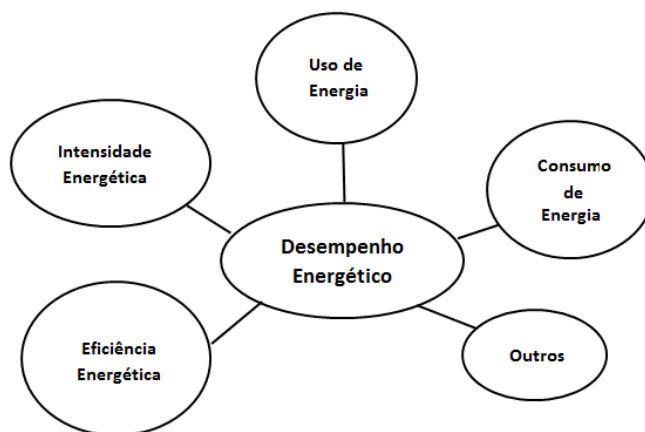
Após definição dos pontos a serem monitorados e equipamentos necessários, iniciou-se a etapa de coleta de dados. E, após a compilação destes dados, os mesmos foram analisados de forma técnica e crítica, utilizando-se planilha eletrônica e as equações devidamente descritas na revisão bibliográfica.

Em paralelo, determinaram-se indicadores capazes de correlacionar o consumo de energia com a produtividade da fábrica, partindo do princípio que este consumo não possui relação com sua eficiência energética, pois a energia é considerada como um dos insumos da produção, não sendo um fator dominante e consequentemente um componente da eficiência econômica. O primeiro indicador contabilizado foi o consumo energético por produto fabricado, e em seguida foi estabelecida a base dos principais insumos energéticos da fábrica.

Nesta linha de raciocínio visando o desenvolvimento sustentável dentro da indústria, ainda sugere-se que sejam propostos indicadores que atendam as quatro dimensões de impacto do uso da energia: meio ambiente, sociedade, economia e tecnologia (MATHIAS, 2014).

3.8.1 Aplicação da ISO 50001 e seus resultados diretos

Na busca de indicadores energéticos na indústria objeto de estudo dessa pesquisa, a ferramenta ISO é uma possibilidade, mesmo porque se identificou através da aplicação do questionário de desempenho energético EFICIND, que a indústria objeto do estudo possui um controle muito incipiente de seu consumo e desempenho energético, bem como inexistência de uma gestão eficaz, considerando todas as fontes de energia disponíveis no ambiente fabril, inclusive com as mudanças propostas também citadas (melhoria da iluminação e possibilidade de redução de consumo com a implantação da microusina fotovoltaica), compondo, portanto um conjunto de ações que objetivam a melhoria contínua e a correta identificação de IDEs (Identificadores de Desempenho Energético) que perfazem o planejamento energético necessário à indústria em questão, conforme demonstra a Figura 37.



Fonte: ABNT NBR ISO 50001 (2011), adaptado pelo autor

Figura 37. Representação do conceito de desempenho energético

As linhas de implementação que este estudo define como principais, para se aplicar em uma indústria do porte de uma fábrica de eletroeletrônicos com o objetivo de serem identificadas as oportunidades de melhoria, são:

- Revisão energética (item 3.5 da norma);
- Delimitação da fronteira e diagramas de fluxo dos diferentes setores da planta industrial;
- Coleta de dados (consumos mensais de água, energia elétrica e combustível, por um período definido);
- Balanços energéticos e de material nas unidades e/ou setores;
- Características elétricas dos equipamentos;
- Considerações ambientais e de localização da empresa;
- Linhas de base energética (subitem 4.4.4 da norma) e
- Indicadores de desempenho energético (item 3.13 da norma).

De posse dos dados pesquisados relacionados, sob uma forma de como a indústria pesquisada se comporta em relação ao consumo da energia, compilou-se informações que perfazem os quesitos de delimitação da fronteira de auditoria energética, o balanço energético e alguns indicadores, sendo este último baseado em dados coletados nas seguintes variáveis:

- Análise tarifária;
- Consumo dos sistemas de refrigeração (estudo quantitativo e qualitativo, referendar);
- Sistemas de iluminação;
- Sistemas de ar comprimido (manutenção, observação de vazamentos);
- Acionamento de equipamentos;
- Quadros de distribuição de circuitos (cabos elétricos, equilíbrio de fases, sistemas de proteção);
- Transformadores e
- Qualidade de energia (harmônicas e outras grandezas elétricas).

Portanto, na ABNT NBR ISO 50001 tem como principal objetivo estabelecer um fluxo contínuo a partir da coleta de informações consistentes que possibilitam a implementação de um SGE com a prática de ações em eficiência energética, economia de energia e redução do impacto ambiental causado pelo seu consumo energético, mensurado na

redução dos GEEs, devendo esta organização analisar criticamente e avaliar periodicamente o seu SGE, buscando identificar as oportunidades de melhoria e estabelecendo um sistema de gestão industrial de sua energia.

CAPÍTULO 4

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta as informações coletadas referentes ao consumo de energia elétrica e à demanda de energia da fábrica, que foram adquiridas via análise da fatura de energia elétrica da concessionária e do ambiente do estudo de caso, via medições realizadas internamente, pelo sistema de medições da GESTAL. Além disso, seguem apresentadas e discutidas todas as análises feitas a partir das medições do nível de iluminação da situação atual do ambiente de estudo e das medições dos parâmetros elétricos durante o período de 01/08/2014 a 28/08/2014 e de 01/09/2014 a 28/09/2014. Vale destacar que até a confecção deste trabalho não haviam sido instaladas as lâmpadas LED, somente feitos testes de eficiência para comparar com a situação atual. Dessa forma, tratam-se somente os dados coletados da situação atual, com as lâmpadas fluorescentes.

4.1 Apresentação dos resultados da análise energética da empresa

Consumo geral de energia elétrica

Durante o período do projeto foi feita a análise anual das faturas de energia a fim de verificar o comportamento do consumo. Foi possível resgatar as faturas do ano de 2013 e do ano de 2014 até o mês de setembro. A partir dos dados coletados de consumo foi possível comparar os dois anos analisados, conforme dados dispostos no gráfico exposto na Figura 38, que apresenta o consumo de energia elétrica desde o mês de janeiro de 2013 até setembro de 2014.

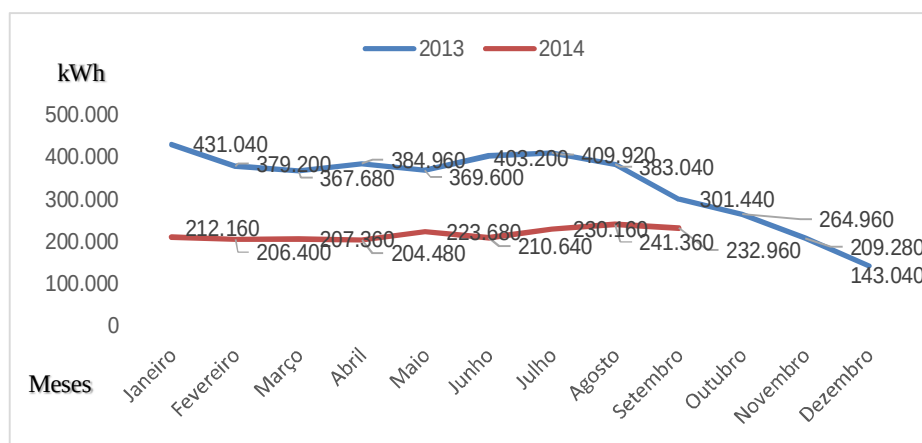


Figura 38. Consumo de energia elétrica geral da fábrica (dados em kWh).

Verifica-se inicialmente a redução do consumo de energia elétrica na fábrica entre o período de setembro de 2013 a dezembro de 2013. Em janeiro de 2014 o consumo de energia elétrica subiu 48% em relação a janeiro de 2013, a partir daí o consumo manteve-se na média de aproximados 218,80 MWh em 2014, porém demonstrando queda de consumo. De uma forma geral a redução do consumo de energia elétrica que ocorreu entre os meses de janeiro e setembro dos dois anos ficou na ordem de 42%. Isto ocorreu devido a queda na produção média de produtos produzidos, aliada a uma crise do setor, pois diferente do mercado aquecido ter sido superior em 2013, a crise econômica freou a produção e ampliação do mercado de vendas dos respectivos produtos desta empresa em seu nicho de negócios (venda de codificadores de áudio e vídeo). Ainda analisando as faturas de energia, foi possível gerar o gráfico 2 exposto na Figura 39, com a relação entre a demanda e o consumo entre os meses de janeiro de 2013 e setembro de 2014.

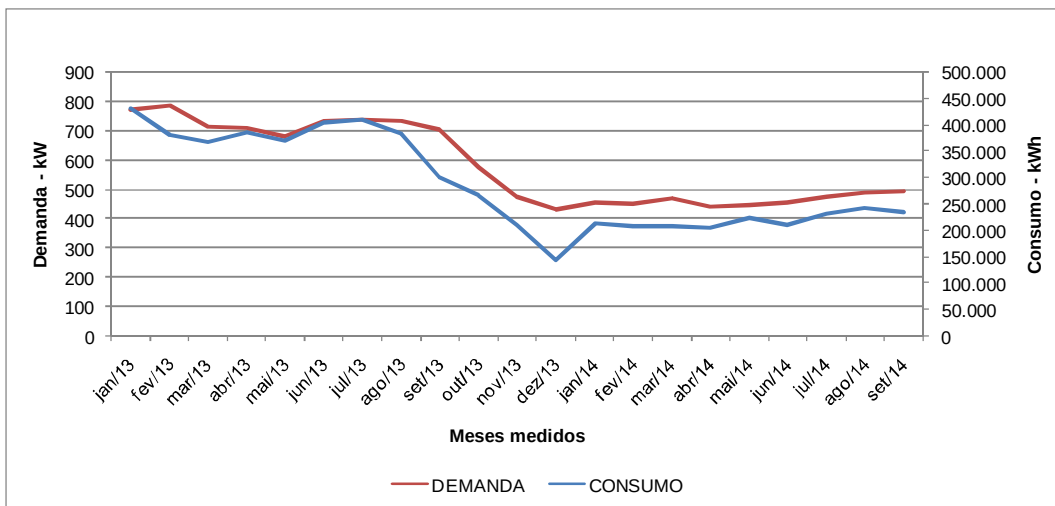


Figura 39: Relação entre a demanda e o consumo de energia elétrica entre janeiro/2013 e setembro/2014.

É possível observar que as curvas são proporcionais, apresentando somente um desnível entre os meses de novembro/2013 e dezembro/2013. Exatamente os meses em que houve uma grande redução no consumo de energia elétrica. Nota-se que a demanda se manteve constante a partir desse período, despencando em dezembro/2013 pontualmente ao fato de parada da fábrica em quase todo este mês, por conta de queda nas encomendas e as festividades de fim de ano, de acordo com consulta direta aos setores responsáveis pelas vendas.

Consumo de energia elétrica do ambiente de estudo

As medições no ambiente de estudo permitiram comparar juntamente com a fatura de energia o nível de consumo deste ambiente perante o restante da empresa. A Figura 40 apresenta as informações referentes à demanda medida no período de 1º/agosto a 28/agosto de 2014.

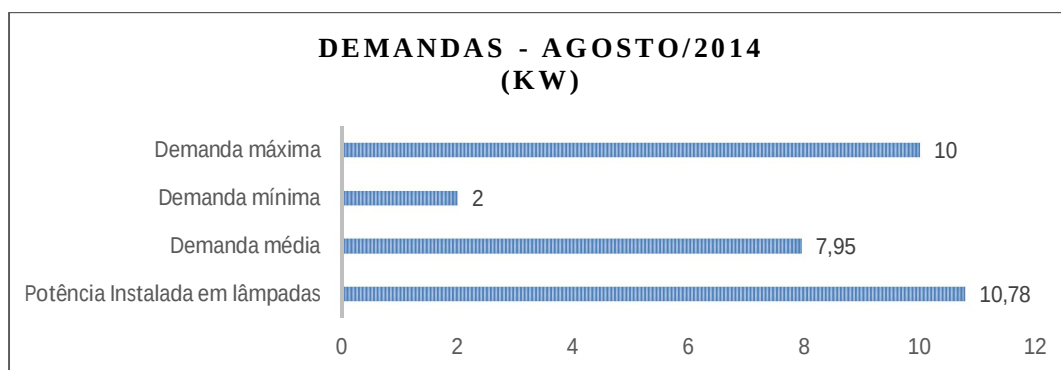


Figura 40. Demanda medida no período de 1º/agosto a 28/agosto de 2014.

Neste mês de agosto a fatura de energia da empresa apresentou uma demanda total de 488kW. Dessa forma, o ambiente estudado apresentou uma pequena participação de aproximadamente 2% do total da demanda.

Em relação ao consumo de energia elétrica ocorrida no mês de agosto, houve uma representatividade de 1,95% em relação ao consumo total da empresa, que foi de 241.360kWh (dado da fatura de energia). A Figura 41 apresenta os dados de consumo medidos no ambiente de estudo no mês de agosto.

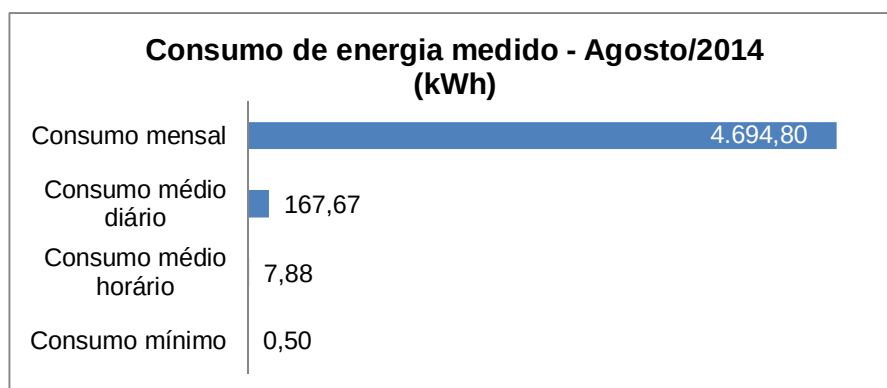


Figura 41. Consumo de energia elétrica, das lâmpadas do ambiente de estudo, medido entre 1º e 28/agosto.

Para o mês de setembro/2014, obteve-se os seguintes dados conforme a Figura 42, contendo os valores referentes à demanda medida das três linhas de luminárias estudadas.

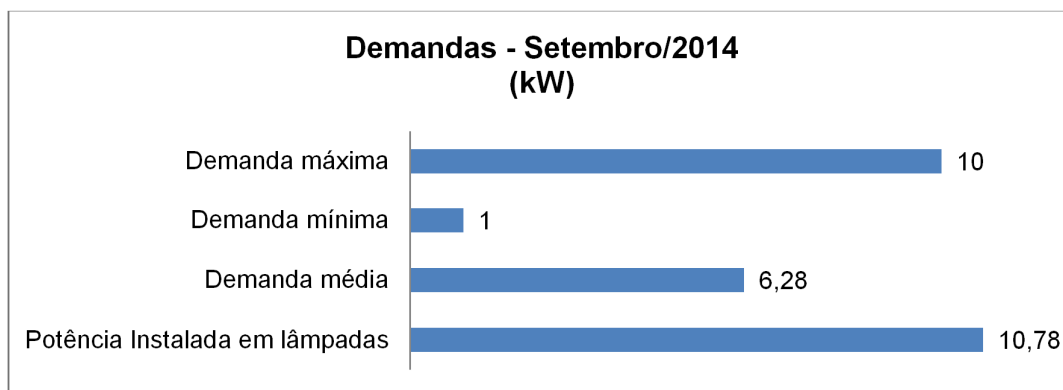


Figura 42. Demanda medida no período de 1º/setembro a 28/setembro.

No mês de setembro a demanda total da fábrica, constante na fatura, foi de 493kW. Nota-se então que o ambiente estudado continua com a mesma participação de aproximadamente 2% da demanda total da empresa. Em relação ao consumo de energia elétrica ocorrida no mês de setembro, houve uma representatividade de 1,84% em relação ao consumo total da empresa, que foi de 232.960kWh (dado da fatura de energia). A Figura 43 apresenta os dados de consumo medidos no ambiente de estudo no mês de setembro.

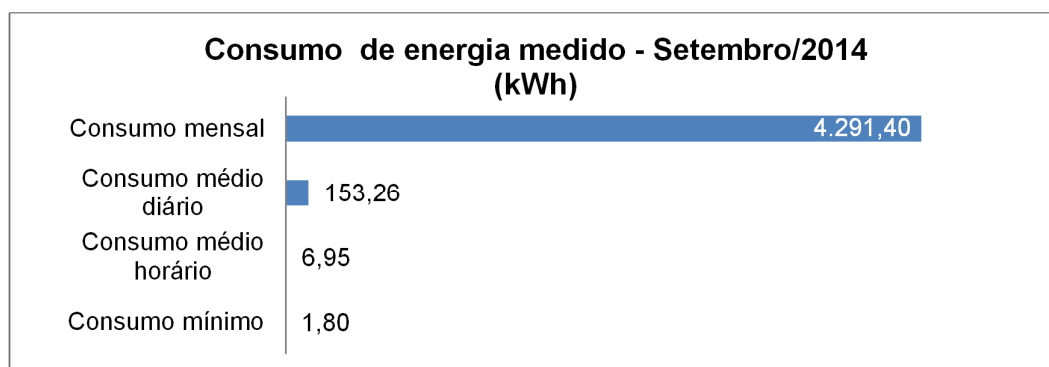


Figura 43. Consumo de energia elétrica, das lâmpadas do ambiente de estudo, medido entre 1º/setembro a 28/setembro.

Nota-se ainda, que o mês de setembro apresentou uma redução geral de consumo de energia elétrica na ordem de 8,6%, comparado com o mês de agosto, no ambiente de estudo e no geral da fábrica apresentou uma redução de 3,48%.

4.2. Estudo do sistema de iluminação

Os resultados apresentados neste tópico são referentes ao sistema atualmente existente no ambiente de estudo da fábrica, antes de ocorrer a substituição pelo sistema eficiente de iluminação a LED. Foram apresentadas as medições do nível de iluminamento seguindo a norma da ABNT NBR ISO/CIE8995-1 (2013), que trata de "Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior" e às medições dos parâmetros elétricos ocorridas no período de um mês a fim de verificar a qualidade da energia consumida no sistema de iluminação estudado.

4.2.1. Resultado das medições do nível de iluminamento

As medições de iluminação resultaram em um valor médio geral de 506 lux. Com uma medição mínima de 88 lux e a máxima de 986 lux.

Porém, verificou-se diversos pontos críticos de iluminação em locais onde há postos de trabalho que exigem um nível de iluminação mais elevado. A Figura 44 apresenta a frequência em que ocorreram as medições, onde a frequência estabelecida é em nível de iluminação em lux.

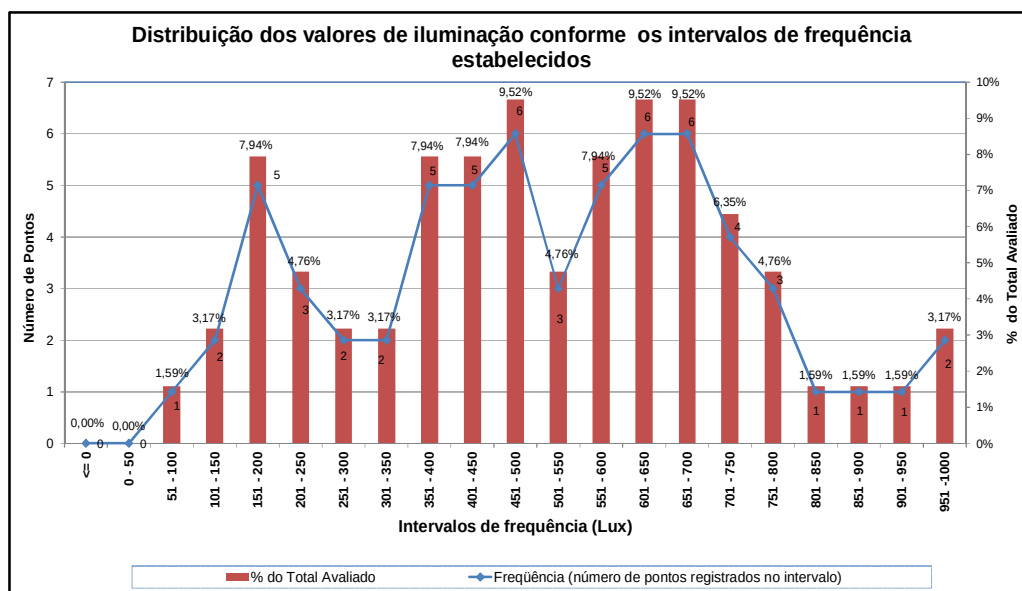


Figura 44. Diagrama com o resultado, em lux, das medições em cada malha.

Após análise do gráfico, verifica-se que há diversos pontos que resultaram níveis de iluminação abaixo de 500 lux, e que representam 49,21% e os outros 50,79% estão acima deste mínimo. Estes percentuais indicam que a iluminação atual está inadequada para

ambiente de estudo, necessitando de uma ação mais pontual para adequar à condição estabelecida em norma.

A aplicação do questionário de diagnóstico energético na empresa e a pesquisa de campo juntamente com as medições também indicou níveis de iluminação inadequados, recomendando uma ação de revisão quanto aos equipamentos instalados.

A Figura 45 apresenta outra visão das medições realizadas, indicando o comportamento de cada ponto medido em relação ao valor médio levantado durante as medições que ficou em 507 lux, valor bem próximo do estabelecido pela norma.

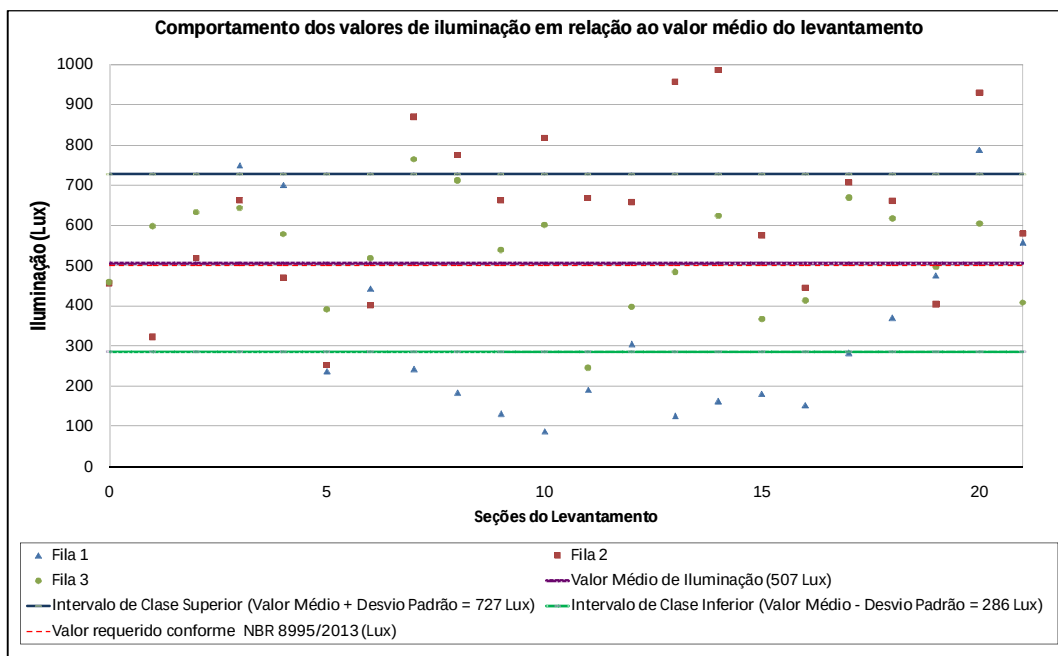


Figura 45. Diagrama com comportamento do nível de iluminação em relação ao ponto médio medido.

Observa-se que cada fila de luminária apresenta um ponto indicado por uma figura diferente. A fila 1 apresentou maior quantidade de pontos críticos, o que pode ser justificado pela quantidade de bancadas altas existentes no ambiente. Como as medidas foram feitas à altura de 0,75m do chão, as bancadas fizeram sombreamento em algumas das malhas medidas.

As filas 2 e 3 já apresentaram melhores níveis de iluminação, porém alguns trechos estavam com a iluminação crítica. As áreas de trabalho existentes nos locais das medições eram diferentes das características das áreas existentes na fila 1.

Os pontos críticos visualizados nessas duas fileiras são influenciados por postos de trabalho altos, no entanto, menos frequentes e, especialmente, pelas tubulações do sistema de

climatização central que parte das máquinas de climatização tipo “TR”. Além dessa área não atendida com luminárias, essas tubulações também influenciam na curva de distribuição luminosa das lâmpadas que estão instaladas ao lado, se tornando uma barreira para o fluxo luminoso naquela área da curva.

Foi possível observar, também, durante as medições, que haviam postos de trabalho com luminárias próprias para melhorar o nível de iluminação durante a atividade executada. Como se pode notar na Figura 46 nota-se que este posto de trabalho se encontra bem próximo à tubulação do sistema de climatização.

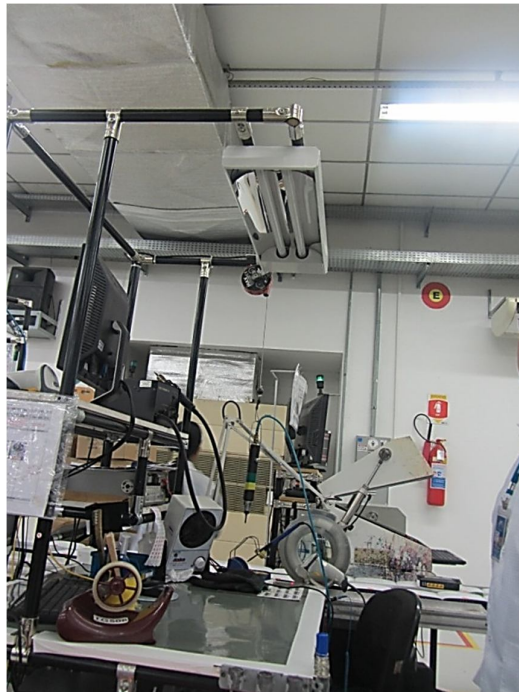


Figura 46. Posto de trabalho com luminária adicional.

Assim, os dados coletados possibilitaram a construção da curva de isolinhas (curvas de nível) mostrados no gráfico exposto a seguir, na Figura 47, demonstrando o nível de iluminação existente atualmente no ambiente de estudo. Este gráfico apresenta o nível de iluminação em toda a sala, possibilitando visualizar da mesma forma que um mapa de curva de níveis os pontos adequados com a norma e os pontos críticos.

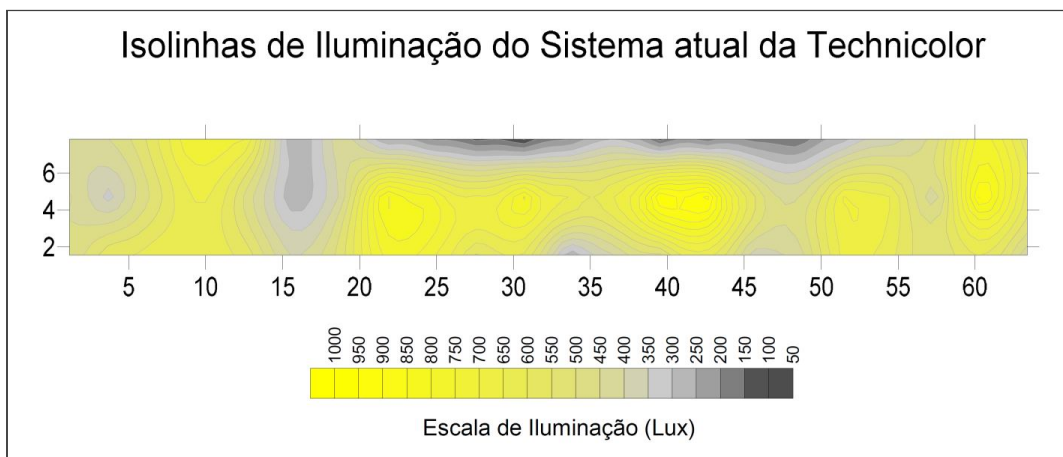


Figura 47. Isolinhas dos níveis de iluminância medidos no ambiente estudado.

Os pontos mais claros em amarelo são onde o nível de iluminação estão dentro do estabelecido em norma e os pontos mais cinzas demonstram que o nível de iluminação está baixo. Após ser realizado o estudo com as lâmpadas LED, permanecendo estes níveis torna-se necessário estipular uma ação de correção desses pontos com baixo nível de iluminação, visando principalmente atender o nível exigido (500 lux) e o correto consumo, dentro de um programa de eficiência energética.

4.2.2 Análise dos parâmetros elétricos das linhas de luminárias

As medidas de consumo de energia elétrica e de demanda de energia foram geradas pelo software Smart 32, tabulados em planilha eletrônica. As medidas de tensão, corrente, THD, potência reativa e fator de potência foram geradas em arquivo de texto, o que gerou certa dificuldade na transferência das informações para a análise em outro tipo de arquivo.

As informações levantadas neste estudo são referentes somente às lâmpadas fluorescentes. Durante as medições, houveram falhas nas medições de corrente, tensão potência reativa, fator de potência e THD, por causa do desligamento inoportuno do computador onde o software está instalado. Estes parâmetros, em função das próprias configurações dos equipamentos de medições e do software, são gerados de maneira que se o software é desligado, os dados coletados se perdem, o que não ocorre com os dados de consumo e de demanda. Isto foi corrigido ligando o computador que recebia os dados em uma fonte ininterrupta de energia.

No mês de setembro houve um feriado no dia 05, e não houve expediente na fábrica neste dia, que foi uma sexta-feira. Porém no sábado dia 06 o expediente foi normal para o

primeiro e segundo turno. O terceiro turno não trabalhou em função do feriado do dia 07/09 do dia seguinte.

Notou-se também que no domingo do dia 21/09 houve expediente normal no ambiente de estudo, que foi justificado pela empresa Technicolor, que houve serviços de limpeza e manutenção no ambiente de estudo.

De posse destes dados, convém mencionar que as medições remotas sob uso de software específico requerem um controle direto, para não comprometer a tabulação dos mesmos.

• Consumo

A partir das medidas de consumo, foi possível gerar a curva representada na Figura 48 referente ao consumo entre os dias 1º e 28 de agosto.

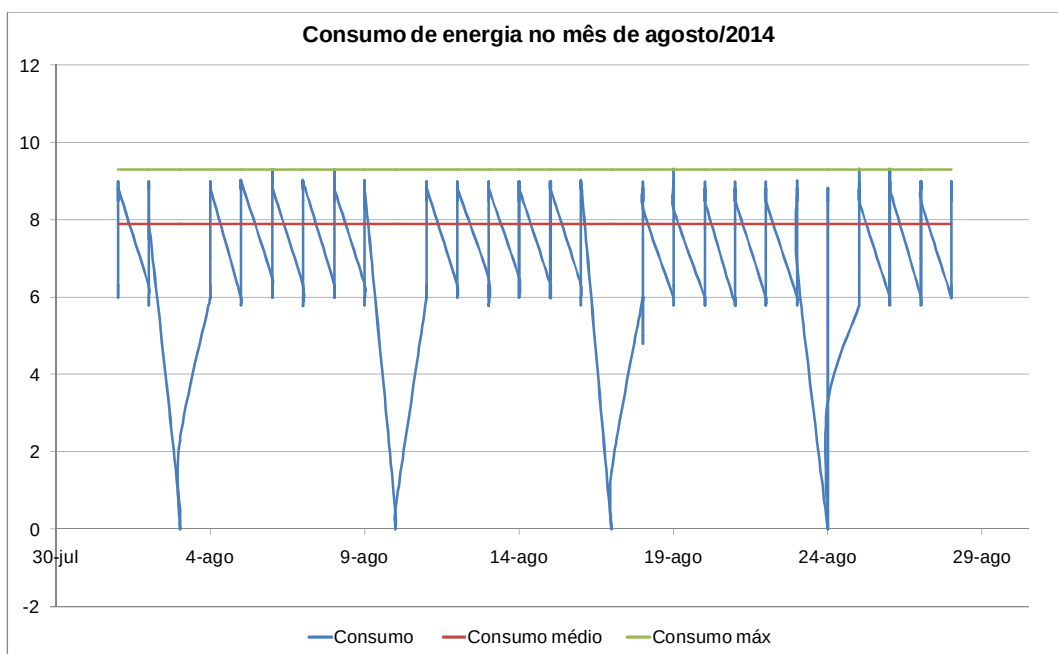


Figura 48. Consumo durante o mês de agosto de 2014.

O consumo total do mês de agosto ficou em 4.694,80kWh e a média em 7,87kWh não considerando os horários em que não houve expediente na fábrica, que é possível observar pelo gráfico. As quatro vezes em que o consumo de energia foi à 0 kWh, ocorreram entre as 22h do dia de sábado até as 22:30 do dia de domingo.

É interessante notar que todos os dias ocorreu queda de consumo, ficando um pouco abaixo da linha de consumo médio. Esta queda de consumo é justificada por ocorrer no

terceiro turno, onde somente um setor do ambiente de estudo tem expediente, ou seja, nem todas as lâmpadas da área selecionada ficam ligadas neste período. Ressalta-se que no dia 24 de agosto, um domingo, houve expediente do setor de limpeza e manutenção no ambiente de estudo. Os gráficos correspondentes às Figuras 49, 50 e 51 seguintes, ilustram o comportamento do consumo de energia elétrica durante os dias da primeira semana do mês de agosto. Foi escolhida a primeira semana de medições para apresentar esta exemplificação.

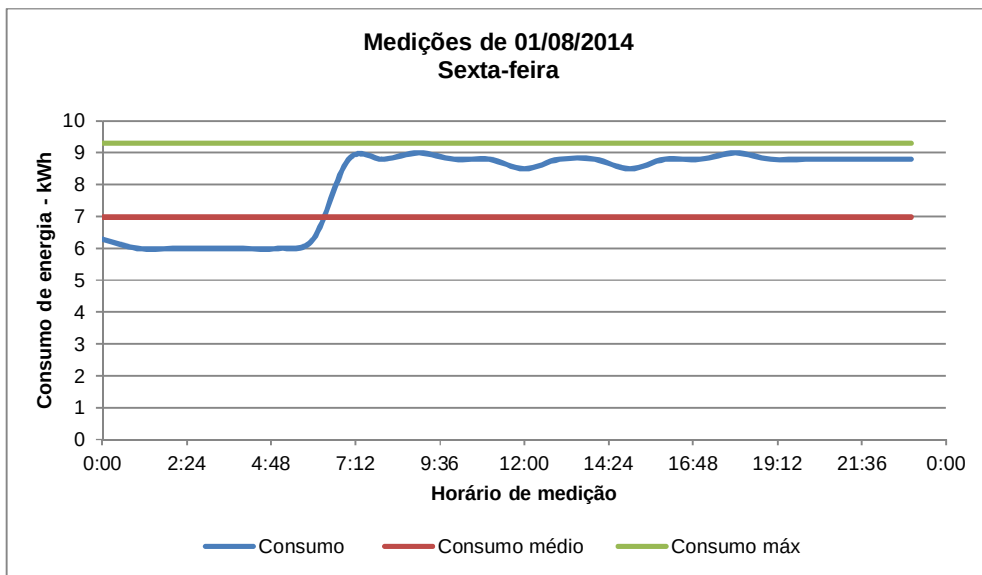


Figura 49. Consumo ocorrido em 1º de agosto de 2014.

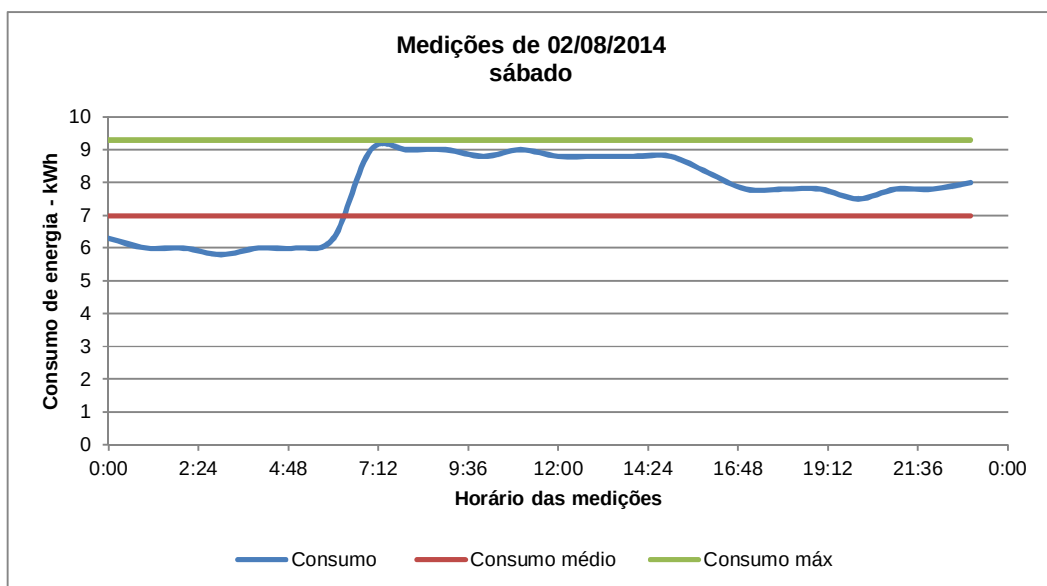


Figura 50. Consumo do dia 02 de agosto de 2014.

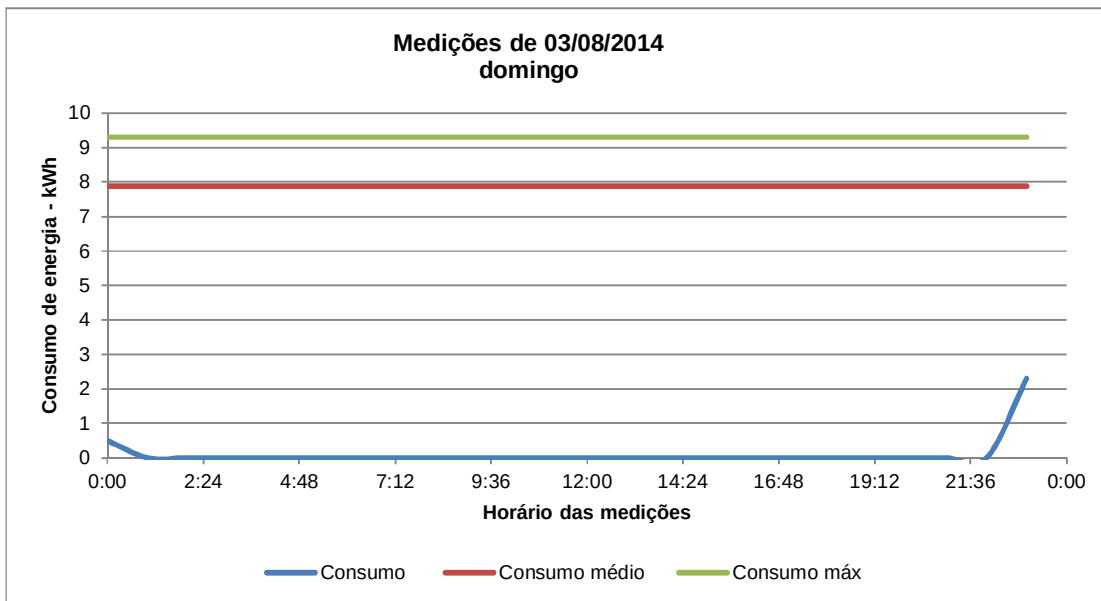


Figura 51. Consumo do dia 03 de agosto de 2014.

Em alguns momentos o consumo é reduzido e em outros é mais alto. Nota-se também que no período do almoço o consumo cai, um pouco, pois as equipes que trabalham nessa área apagam as luzes durante esse período, porém, os colaboradores que atuam na área de estudo não almoçam todos ao mesmo tempo.

Eles participam de escala de horário, para todas as refeições, um comportamento importante de se levar em consideração, quando se estipulam planos de eficiência energética na área de iluminação. No período da tarde o consumo também é reduzido, em função da troca de turno, que ocorre às 14 horas. As outras semanas apresentam características semelhantes da primeira semana de medição.

Em relação ao mês de setembro, o gráfico exposto na Figura 52 apresenta a curva com o consumo diário total nas linhas de luminárias. Durante o dia 01 ao dia 28 foi somado o consumo de 4.291,4kWh, apresentando um consumo médio diário horário de 6,95kWh.

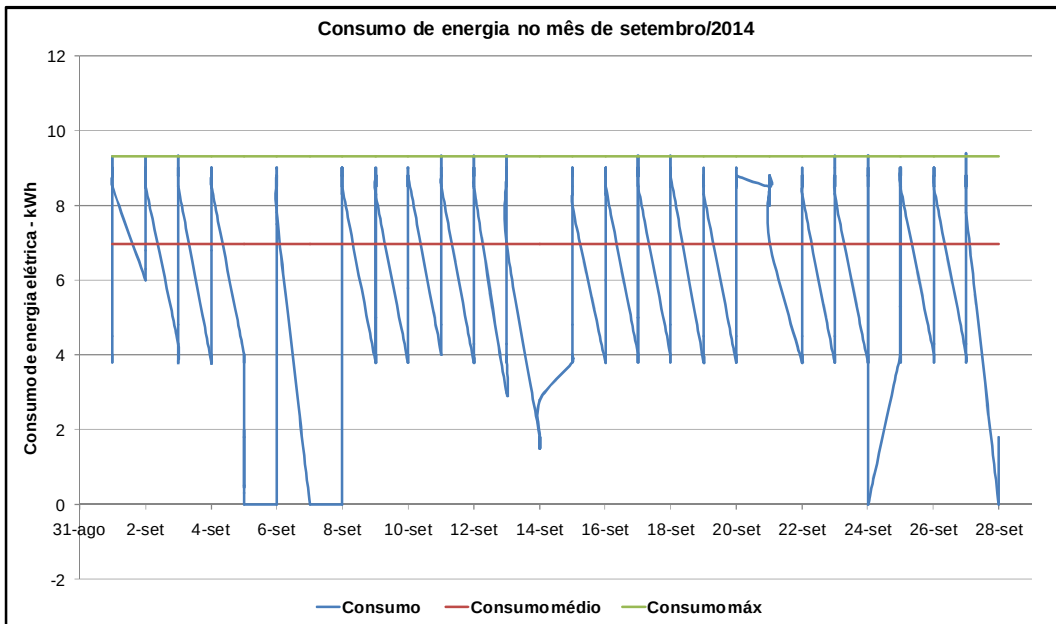


Figura 52. Consumo de energia medido nas quatro semanas de medição de setembro.

Por meio de observação do gráfico acima é possível observar que o mês de setembro não apresentou constância no consumo de energia durante as 4 semanas de medições, mesmo porque houveram 2 feriados quase que seguidos, nos dias 5 e 7 de setembro. Constatou-se que durante o segundo domingo do mês algumas cargas ficaram ligadas durante todo o dia e no terceiro domingo teve expediente normal, a empresa justificou como sendo serviço de limpeza e manutenção que ocorreu nesse dia. Nos dias 24 e 29 de setembro ocorreu falha na medição, logo o programa não registrou medições. Verificou-se também que o mês de setembro apresentou um range de consumo menor que do mês de agosto, com consumo total menor e a média horária também foi menor.

A curva de carga diária do mês de setembro apresentou comportamento do consumo diário das cargas bem semelhante ao mês de agosto, notando-se somente as diferenças em função dos feriados e dos finais de semana, que tiveram horários diferenciados com os serviços de limpeza e manutenção no ambiente de estudo.

• Demanda

Os dados de demanda medidos no mês de agosto e setembro são referentes às cargas (ou potência) instaladas em kW. A partir desses dados é possível traçar a curva de carga diária da empresa. Um exemplo está descrito na Figura 53 onde é possível perceber o comportamento da carga num dia da semana. Esses dados são do dia 1º de agosto de 2014,

que ocorreu em uma sexta-feira. A demanda é medida de 15 em 15 minutos, padronização estabelecida pela Resolução Normativa nº 414/10 da ANEEL, e a concessionária de energia deverá escolher a maior demanda no período de um mês como referência de demanda a ser inserida na fatura de energia. Em empresas do porte desta onde foi aplicada a pesquisa utiliza-se a demanda contratada, ou seja, a empresa contrata junto à concessionária uma quantidade de potência ativa e essa demanda será a faturável durante todo o mês. Se a demanda medida for menor, será faturado o valor referente à demanda contratada. Se a demanda for superior, será fatura da demanda contratada e será incidida uma tarifa sobre o valor excedente.

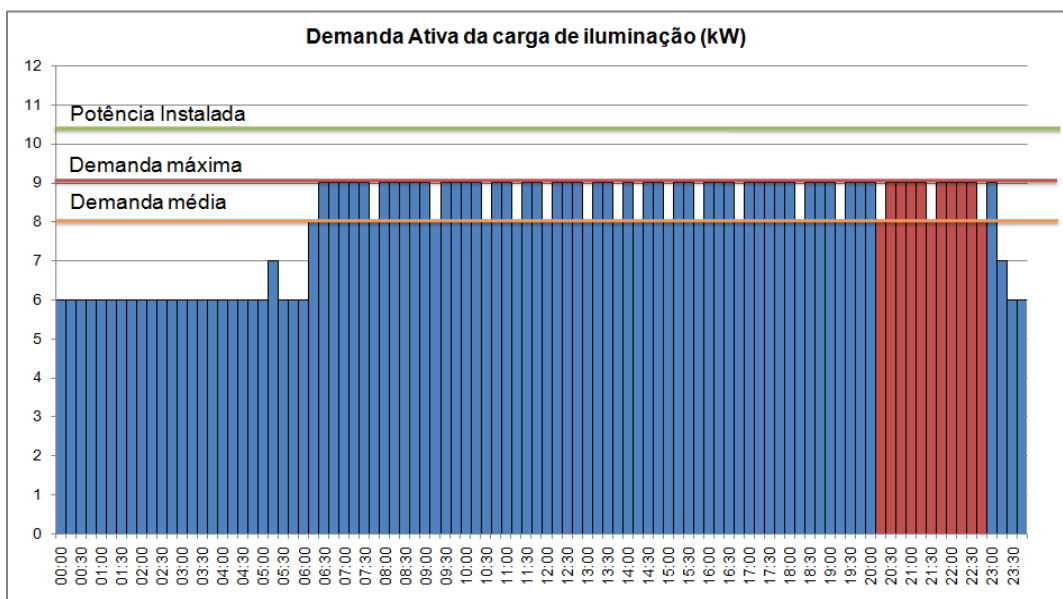


Figura 53. Demandas máximas - média de uma curva de carga do dia 1º de agosto.

As curvas em vermelho indicam o período de ponta e o restante o período fora de ponta. Durante o período do mês de agosto de 2014 o sistema de iluminação no ambiente de estudo apresentou demanda média de 7,95kW; a demanda máxima medida foi de 10kW e a mínima de 2kW. Lembrando que a potência instalada do sistema está na ordem de 10,78kW.

No dia referente à curva de carga traçada é possível determinar o **fator da carga**¹ que ficou na ordem de 0,8854. O valor ideal é 1, pois indica que a energia elétrica está sendo consumida de forma eficiente e sem desperdícios. Porém o valor obtido é favorável para eficiência da instalação, pois indica que o sistema foi 88,54% eficiente, porém durante o mês de agosto esse fator ficou em 0,7953. Como no período do terceiro turno a energia demanda é menor, esse fator será mantido nesta ordem.

¹ Fator de carga: relação entre a demanda média e a demanda máxima

Um fator também possível de determinar a partir dessa curva de carga é o **fator de demanda**² que indica a simultaneidade do uso das luminárias, pois quanto mais próximo de 1 melhor. No dia 1º de agosto o fator de demanda ficou em 0,8349 e durante o restante deste mês ficou na ordem de 0,9276, pois a demanda máxima encontrada durante todo o mês de agosto foi de 10kW e no dia 01 de agosto ficou em 9kW.

O período do mês de agosto gerou curva que pode ser vista na Figura 54, com as demandas máxima e mínima da curva de demanda do mês.

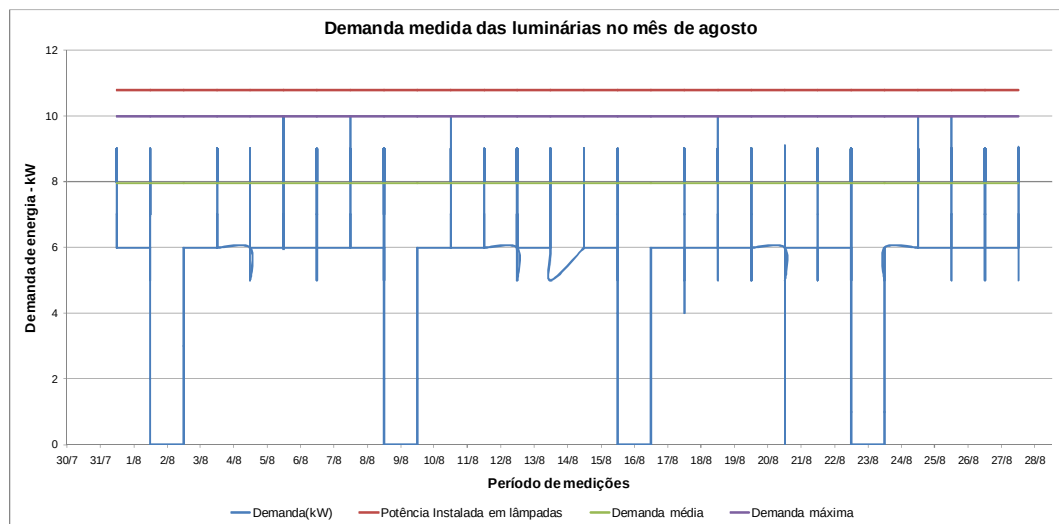


Figura 54. Demanda medida nas quatro semanas de medição no mês de agosto.

O comportamento se assemelha ao que pode ser visto com os gráficos de consumo diário e mensal do sistema, pois o consumo é diretamente proporcional à demanda. Da mesma forma ocorreu com a curva de demanda do mês de setembro, como é possível ver no gráfico exposto na Figura 55, onde a curva de demanda segue o mesmo padrão da de consumo.

² Fator de demanda: relação entre a demanda máxima e a potência instalada

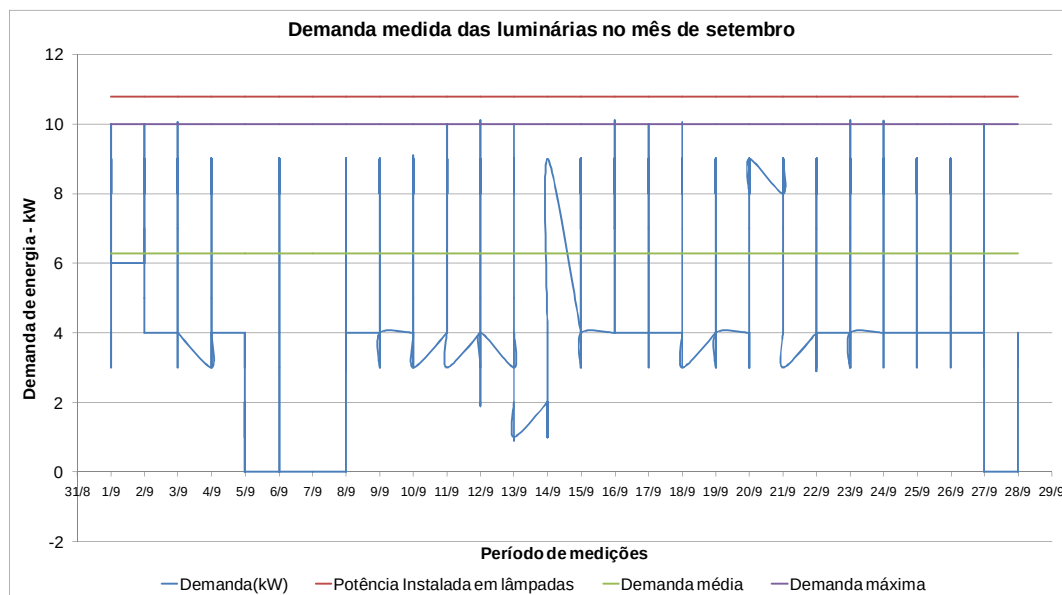


Figura 55. Demanda medida nas quatro semanas de medição no mês de setembro.

No mês de setembro, foi possível verificar, principalmente durante a semana, uma demanda menor no período do terceiro turno, enquanto que em agosto ficava na ordem de 6kW, em setembro ficou na ordem de 4kW, com alguns valores menores, como é possível ver na seguinte Figura 56, que representa a curva de carga do dia 12 de setembro, também, uma sexta-feira, com funcionamento normal.

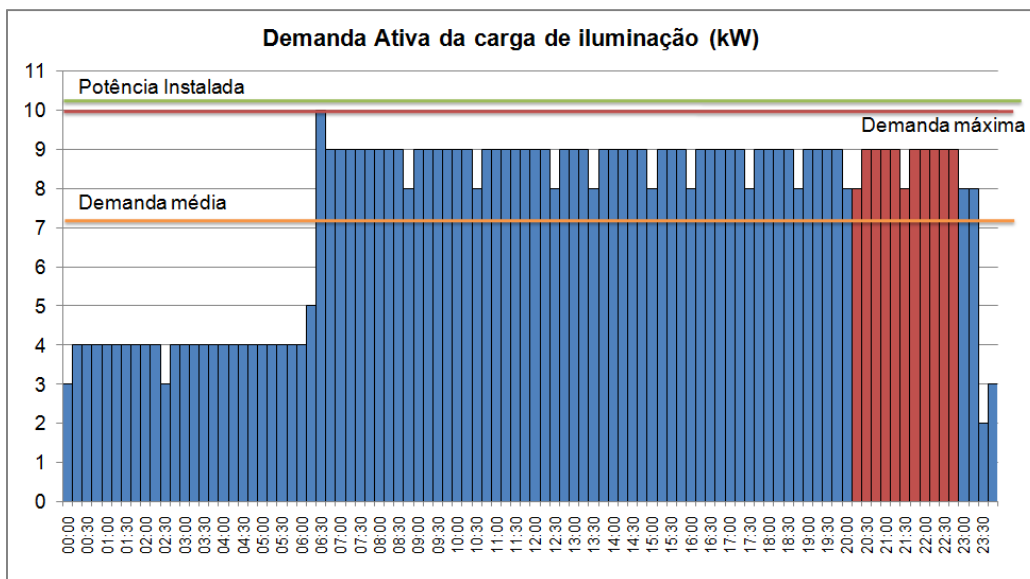


Figura 56. Demanda máxima média da curva de carga do dia 12 de setembro.

O fator de carga desse mês ficou na ordem de 0,6283. Este valor pode ser explicado pela menor demanda ocorrida durante esse período, provocando um maior intervalo entre a menor demanda e a maior.

- **Corrente e tensão**

Os dados medidos de tensão e corrente ocorreram num intervalo de medições de 5 em 5 minutos, gerando uma quantidade de informações muito grandes. Em função deste fato, definiu-se tratar os dados a partir das médias diárias de dos parâmetros. Não foram considerados para o levantamento das médias os horários em que não houve expediente na fábrica (final do dia de sábado e o dia de domingo até o início do terceiro turno).

A análise dos comportamentos da corrente e da tensão levou a tabulação dos dados presentes na Figura 57, onde é feita uma comparação entre as duas variáveis. Neste caso, foram calculados os valores médios para melhor composição.

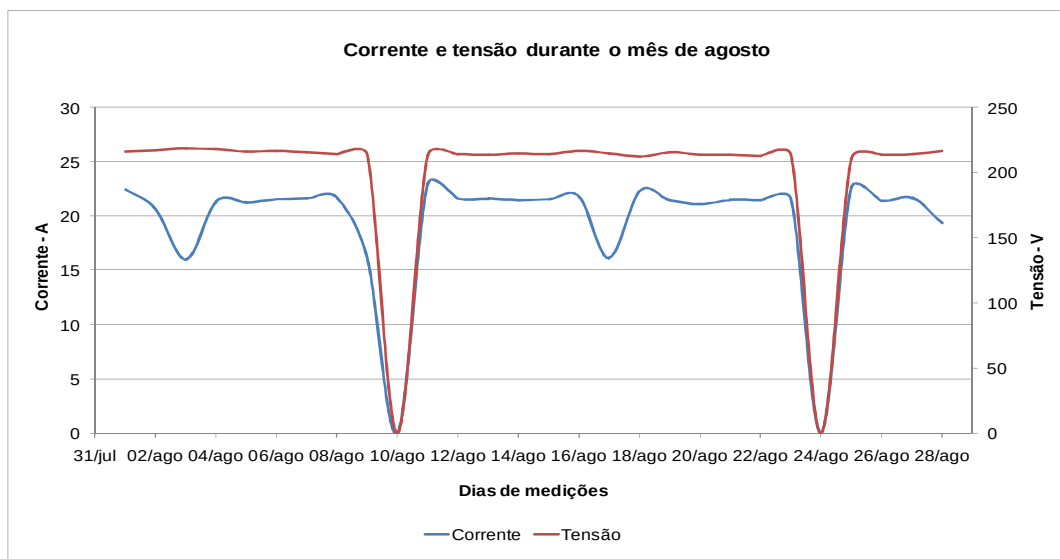


Figura 57. Curvas de corrente e tensão médios diários em agosto.

Nota-se que nos dias 10 e 24 as medições tanto de corrente quanto de tensão deram "0", o que se justifica pelo fato de ter havido falhas nas medições nesses dois dias. A Figura 58 a seguir mostra a relação da corrente média diária com a tensão média.

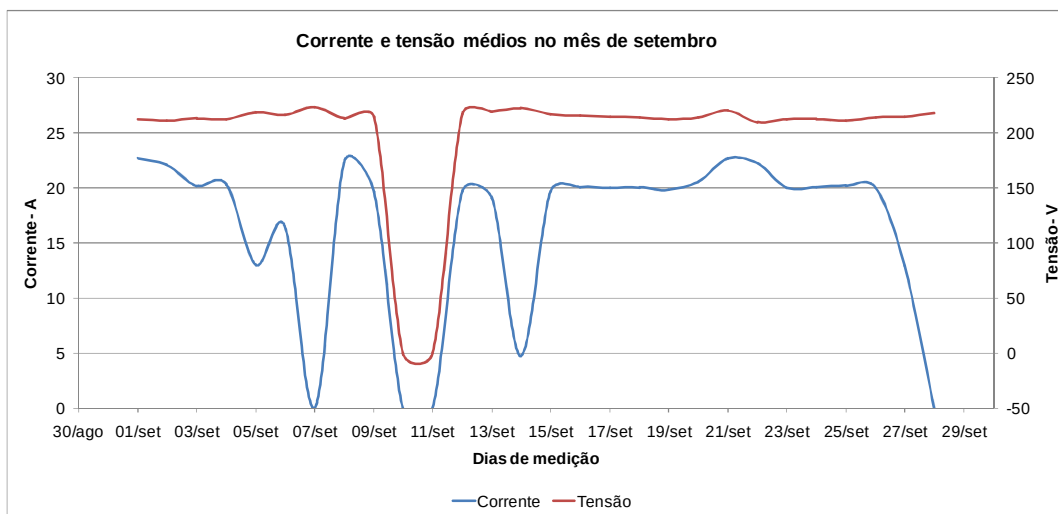


Figura 58. Curvas de corrente e tensão médios diários em setembro.

Assim, foi possível gerar uma curva da corrente consumida diariamente nos dois meses de medição, dispostos no gráfico apresentado na Figura 59.

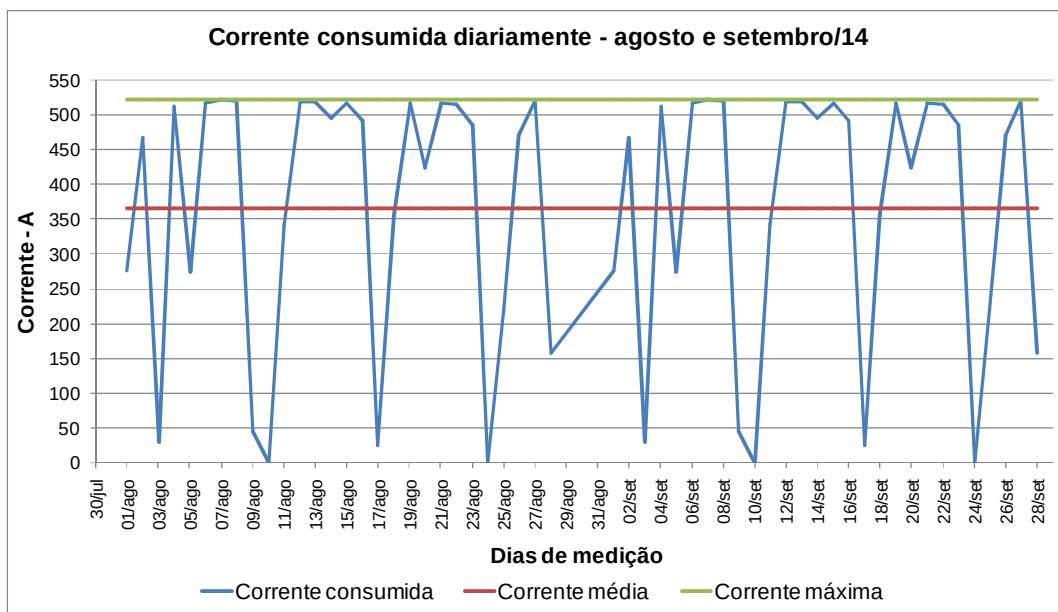


Figura 59. Curva de carga diária nos meses de agosto e setembro.

- **Potência reativa - kVar**

A potência reativa durante o mês de agosto apresentou características capacitivas na maior parte dos dias, ou seja, os valores medidos oscilaram entre -0,4369Var à -0,00330Var. Somente no dia 1º ela apresentou características indutivas com valores oscilando entre

0,00181VAr à 0,1951VAr, o que não influencia no fator de potência geral da fábrica. Já no mês de setembro a potência reativa medida foi somente capacitiva, oscilando entre -0,2209VAr a -0,0162VAr.

- **Fator de potência**

O fator de potência medido no sistema durante o mês foi favorável e estava dentro do permitido pela legislação³, e ficou entre 0,9983 e 0,9999. Assim como no mês de setembro que oscilou entre 0,9986 a 0,9999.

Como as cargas são resistivas e os reatores são de um modelo eletrônico com alto fator de potência, esse resultado não poderia ser outro. Esse tipo de equipamento indica uma eficiência melhor se comparado a outros.

- **THD - Distorção Harmônica de corrente e de tensão**

As medições do mês de agosto não apresentaram taxa de distorção harmônica para corrente e para tensão, nas três fases. Assim como no mês de setembro.

O reator eletrônico tem características de carga não-linear, ou seja, esse tipo de carga induz corrente e tensão harmônica na rede, porém do modelo utilizado pela fábrica tem uma taxa de distorção harmônica menor que 10%. Dessa forma, como a taxa de distorção harmônica desses reatores está sendo bem baixa, o sistema de medição não detecta, contabilizando como "0" essa taxa.

4.2.3. Análise de alternativas de redução de perdas

Um estudo de auditoria energética pode ser fundamentado a partir de um diagnóstico energético e um levantamento dos pontos de desperdício de energia elétrica. Este estudo buscou quantificar os potenciais de conservação de energia elétrica.

No estudo, portanto, que envolve a eficiência energética no sistema de iluminação, as ações não são de grandes proporções, mas seguindo a metodologia do Manual de Eficiência Energética da ANEEL, é possível verificar os ganhos e pontos de correção; porém a metodologia aplicada, no que se refere à avaliação quantitativa, qualitativa e que prevê a substituição de equipamentos ineficientes é de suma importância, principalmente em um ambiente fabril, e que decida iniciar um processo de implantação de um sistema de gestão de

³ O artigo 95 da Resolução Normativa nº 414 da ANEEL, de 9 de setembro de 2010, estabelece que para os consumidores do grupo A (incluindo as indústrias), o mínimo permitido de fator de potência é de 0,92.

energia, começando com ações simples relacionadas ao item que mais afeta o processo, por envolver capital humano e serem de fácil aplicação. A partir daí, estende-se o programa para outras áreas mais complexas, como por exemplo equipamentos de infraestrutura, sejam os motores, de climatização, ar-comprimado e afins.

Levantando-se, então, as informações referentes ao ambiente de estudo na fábrica, a Tabela 8 replica os dados e resultados esperados com a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares pelas lâmpadas LED, referentes à redução de potência e economia de energia elétrica consumida anualmente.

Tabela 8: Resultados esperados com a redução de energia

Sistema atual	
Tipo de lâmpada	Fluorescente tubular com reator eletrônico
Quantidade instalada	98
Potência (lâmpada) - W	110
Potência conjunto (lâmpada + reator) em W	220
Potência instalada em kW	10,78
Energia consumida (MWh/ano)	80,72
Sistema proposto	
Tipo de lâmpada	LED tubular
Quantidade a ser instalada	98
Potência (lâmpada)	60
Potência instalada em kW	5,88
Energia consumida (MWh/ano)	44,03
Resultados esperados	
Redução de Potência (kW)	4,90
Energia economizada (MWh/ano)	36,69
Economia (%)	45%

Fonte: Elaboração própria.

É possível verificar o quão significativo é a economia com o sistema eficiente adotado deste projeto.

Para uma análise tarifária, a redução de demanda correspondente de 6,67kW, teria pouco significado diante da demanda contratada de 840kW, ou seja, não haveria embasamento suficiente para o pedido de redução de demanda contratada. Porém, como esse projeto é piloto e atendeu uma pequena parte da fábrica, ele pode, futuramente ser estendido para os outros

setores e irá apresentar uma redução significativa da demanda total da fábrica. Além disso, o Manual de Eficiência Energética disponibiliza uma metodologia para realização de uma análise mais profunda a fim de verificar o quanto se pode economizar de energia consumida e de demanda no período de ponta. Ela envolve cálculos para quantificar os custos totais evitados, multiplicam-se as quantidades de demanda e de energia evitadas pelos respectivos "custos unitários evitados".

Esses custos unitários são calculados a partir de diversas tarifas de energia e demandas, como foi possível verificar nos métodos, no entanto buscou-se não adotar este método nesta análise. Os custos unitários terão abrangência geral com vistas ao consumidor e não à concessionária, assim foram adotados os mesmos praticados na tarifa de energia elétrica praticada.

Com essa metodologia foi possível levantar todos os parâmetros para a avaliação econômica com a inserção do projeto de eficiência energética. Todos os cálculos foram tabulados a fim de otimizar a disponibilização da informação. Assim, a Tabela 9 apresenta os valores obtidos para verificar o custo benefício do sistema de eficiência energética adotado.

Tabela 9: Resultado da relação custo benefício do sistema de eficiência energética adotado no projeto.

Relação Custo-benefício	
A - Custos anuais	
Custo dos equipamentos (CPEquip “n”):	R\$ 37.222,36
Fator de recuperação de capital	0,18
Custo Anualizado total	R\$ 6.700,02
B - Benefícios Anuais	
Energia Economizada (MWh/ano)	36,69
Custo Unitário de Energia (R\$/MWh)	R\$ 222,73
Redução de Demanda na Ponta (kW)	4,90
Custo Unitário de Demanda (R\$/kW.ano)	R\$ 241,28
Benefício anual total (R\$/ano)	R\$ 9.354,61
C - Relação custo benefício efetiva	
	0,72

Fonte: Manual de eficiência energética da ANEEL. Elaboração própria.

Com isso, constata-se que o sistema adotado para a efficientização energética com a substituição das lâmpadas apresenta relação custo-benefício favorável, sob um índice calculado de 0,72.

4.2.4. Melhorias da qualidade de energia e ergonomia

Na figura 61 verifica-se o comparativo das isolinhas antes, na condição de iluminação com as fluorescentes, e após ocorrida a substituição, nas três fileiras, por lâmpadas LED. Observa-se, portanto, uma significativa melhora dos espaços em amarelo, a partir de um indicativo mais homogêneo.

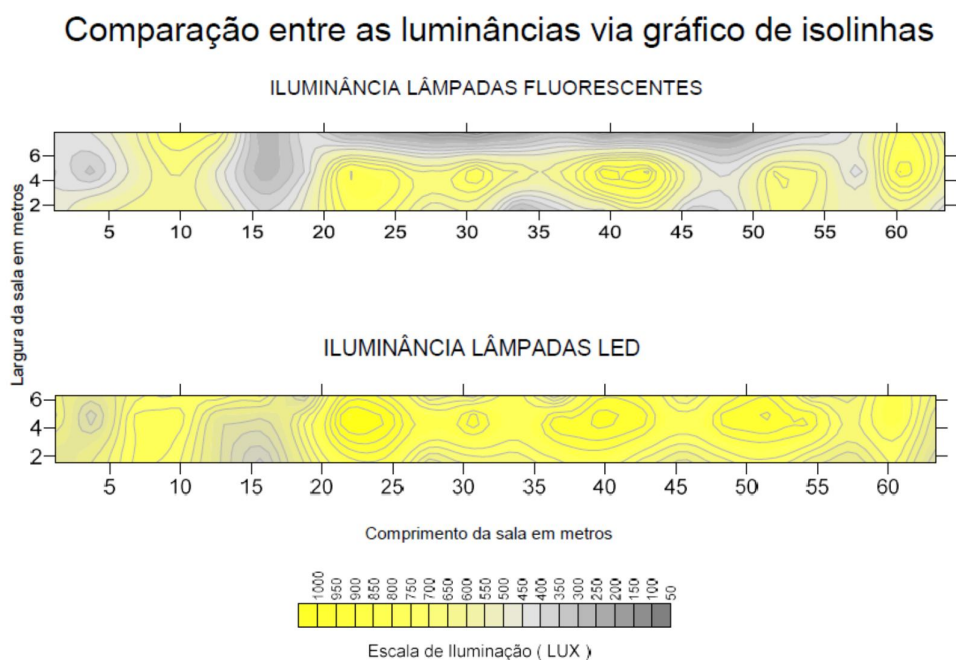


Figura 60. Comparativo de iluminância das lâmpadas utilizadas na área de estudo.

Ficou constatada, também, em entrevista direta com os trabalhadores que operavam nesta área onde ocorreu o estudo, uma melhoria na iluminação, e consequente condição mais satisfatória para a execução de suas atividades, ou seja, um ganho ergonômico atrelado à qualidade de energia alcançada com a nova tecnologia.

4.3. Sistema Fotovoltaico

4.3.1 - Considerações sobre o dimensionamento

Vale destacar que para o dimensionamento do sistema de geração foi utilizado o tempo em que se produzirá a máxima potência para o suprimento de energia na fábrica, ou seja, por 4,8 horas terá uma energia demandada na ordem de 33kWh. Isto ocorre, pois o sistema foi projetado para ser interligado à rede. Além disso, foi determinado que o período de autonomia das baterias seria de 8 horas.

O cálculo quantitativo dos equipamentos básicos resultou em:

- 3 painéis em série e 18 painéis em paralelo, totalizando 36 painéis;
- 4 baterias em série e 9 em paralelo, totalizando 36 baterias;
- 3 inversores de corrente de 3.600kW;
- 3 controladores de carga de 80A.

O sistema projetado, terá com uma potência instalada de 9,18kW, e apesar de ainda não haver sido instalado até a conclusão deste trabalho, é previsto que seu funcionamento reflita numa geração de energia elétrica na ordem de 1.123kWh por mês.

Os painéis fotovoltaicos, por funcionarem a uma tensão nominal de 31,2V e o controlador pode receber até 150V na entrada e na saída fornece os 48V nominais do sistema, deverá ser instalado sob o formato de 3 unidades de painéis em série e 4 unidades em paralelo. Assim, com 3 unidades de painéis em série o sistema se mantém dentro de um limite seguro. Destacando que, se a tensão de entrada do controlador ultrapassar os 150 V o controlador de carga passará por problemas técnicos e pode queimar. Este estudo identificou que este tipo de dimensionamento é muito comum quando se tem um sistema muito grande e a quantidade de *strings* ultrapassa o limite suportado pelo inversor, quando num sistema puramente ligado à rede (onde os painéis são ligados diretamente aos inversores), o que não é o caso do sistema avaliado neste trabalho, que pode ser ligado à rede, porém possui baterias de backup.

4.3.2 - Considerações sobre a instalação

A seleção do local para a instalação considerou um local livre na área externa da fábrica e onde não houvesse sombreamento, Portanto a Figura 61 a seguir demonstra o local definido na área externa da fábrica para a instalação desse sistema.



Figura 61. (a), local de instalação do sistema fotovoltaico e (b), local de construção da sala de controle do sistema.

Para atendimento deste sistema houve a necessidade de construção de uma sala de controle, onde foram instalados os equipamentos componentes (conversor, controlador) e os quadros elétricos, bem como o banco de acumuladores de carga.

4.3.3. Energia gerada e redução do consumo de energia

Como foi comentado anteriormente, estima-se que com a operação do sistema fotovoltaico, será gerada 1.123kWh de energia por mês e 13.476kWh por ano. Esse quantitativo de energia **não consumida** da rede elétrica irá representar o valor de R\$ 2.188,10 por ano. Além disso, quando o sistema for conectado à rede, poderá gerar créditos com a concessionária, quando houver “sobra” de energia em determinados horários.

4.3.4. Redução de emissões de gases do efeito estufa

A parcela de redução do consumo de energia elétrica, irá representar uma redução de emissões de gases que provocam o efeito estufa, devido ao fato do sistema de geração de energia elétrica do estado do Amazonas ainda utilizar em sua grande maioria combustíveis fósseis, como óleo diesel, óleo combustível e gás natural. Essa redução será na ordem de 10,41tCO₂eq por ano, dados estes baseados nos parâmetros de cálculo adotados pelo Registro Público de Emissões – Programa Brasileiro *GHG Protocol*, sendo esta metodologia a mais utilizada no mundo para a elaboração de inventários corporativos de emissões de GEE. É válido afirmar que as especificações deste programa de cálculo do inventário de GEE são totalmente compatíveis com o *GHG Protocol* internacional, baseando-se nas normas da série ISO 14064 e as metodologias de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

4.4. Discussão dos Resultados

De posse destes dados apresentados e comentados, destacam-se a seguir os principais resultados e suas respectivas análises discursivas de acordo com as oportunidades de melhoria e barreiras para implantar um sistema de gestão de energia na indústria e a motivação para instituir um sistema de energia alternativa que a pesquisa proporcionou, de acordo com as atividades de diagnóstico, pesquisa de campo e auditoria energética realizada.

- **A indústria estudada apresenta oportunidades de conservação de energia elétrica**

Apesar dos estudos de desempenho energético terem sido concentrados no item de iluminação, o diagnóstico energético e a pesquisa de campo apresentaram uma avaliação sobre os sistemas de ar comprimido e de climatização, pois foram identificados vazamentos e máquinas de climatização TR já antigas, dispendiosas no consumo energético e em manutenção.

- **Necessidade de identificar e confirmar os setores de maior uso da energia**

O maior consumo identificado na fábrica refere-se ao sistema de ar comprimido, as esteiras de montagem e ao sistema de climatização, com estes itens respondendo por praticamente 70% da energia consumida. Ao compor um SGE, estas áreas devem requerer um diagnóstico mais aprofundado para compor as corretas ações de eficiência energética, e apresentem um maior ganho e contribuição a um futuro SGE que venha a ser implantado.

- **A criação de indicadores é indispensável para iniciar a implantação de um SGE**

Estabelecer as fronteiras dentro do ambiente fabril e iniciar a mensuração contínua nos setores pré-definidos que demandam maior consumo é crucial para implantar um projeto que vise a melhoria da eficiência energética.

- **Novas tecnologias requerem novos comportamentos de análise e controle**

Ao se decidir trocar linhas específicas na iluminação e mensurar a qualidade de energia destas, comparando com as anteriores, abre-se um campo de novas possibilidades para agregar economia. O mesmo vale para a mudança de cultura com a conscientização das pessoas em desligarem lâmpadas; à equipe de manutenção operar e investigar melhor os

equipamentos de climatização, ar comprimido e aos projetos de implementação das esteiras da produção, por exemplo.

- **Criação e efetivação de uma Comissão Interna de Conservação de energia – CICE**

Com a participação da Alta Direção, ao compor uma equipe diversificada com colaboradores de diversos setores da fábrica para analisar e replicar informações sobre as intenções de metas de redução de energia, não somente a equipe de O&M, contribuirá e muito para visualizar novas oportunidades de eficiência energética. Contabilizar o total de emissão dos GEEs, divulgar os ganhos com economia de energia e propagar a responsabilidade que se deve ter com a eficiência energética inclusive para além do ambiente fabril devem ser as principais metas desafiadoras desta CICE.

- **Divulgação de indicadores e dos objetivos a partir das novas tecnologias implantadas**

Atualmente não há uma rotina constante de divulgação de indicadores relacionados à sustentabilidade e conservação de energia. Com a implantação de uma microusina fotovoltaica e com a substituição e monitoramento de linhas de equipamentos de iluminação, os ganhos podem ser mensurados e em seguida divulgados para toda a comunidade da fábrica, de forma que seus funcionários entendam a necessidade de conhecer e contribuir para a conservação de energia e a maneira de como estas inovações contribuem para a sustentabilidade, como a redução de gases do efeito estufa, por exemplo. Haverá portanto um choque de gestão, onde toda a comunidade fabril deverá entender que a energia não é apenas um insumo da produção e sim um indicador de como a indústria se situa em relação aos seus ganhos econômicos, ao meio ambiente e à comunidade onde está inserida, o que não ocorre na maioria das outras fábricas de eletroeletrônicos instaladas no PIM, posto que poucas empresas deste Polo tem buscado a certificação desde a publicação da norma ISO 50001:2011, o que dificulta inclusive a composição de dados para atingimento de metas previstas em programas nacionais de eficiência energética, como o PNEf, por exemplo.

4.5. Montagem da microusina fotovoltaica – evidências e detalhamento da montagem, instalação e operação

Estes trabalhos de montagem foram concluídos em um prazo de dez dias, desde a aquisição e montagem dos suportes até as ligações elétricas e operação dos equipamentos. Os mesmos encontram-se instalados na área previamente determinada (página 71, figura 30), dentro da área da fábrica.

Os painéis fotovoltaicos foram instalados em uma estrutura metálica protegida com pintura epóxi, com o objetivo de evitar oxidação do material e a própria condução de corrente de fuga.



Figura 62. Vista lateral dos suportes metálicos e instalação da 1ª fileira de painéis.

Estes painéis foram divididos portanto em três blocos geradores. Cada bloco gerador é composto por 12 painéis. A figura 63 permite verificar a composição desses blocos, que estão em 4 fileiras com 3 painéis cada.



Figura 63. Configuração da montagem de um bloco gerador de painéis fotovoltaicos.

Essa composição facilita a instalação previamente projetada, com três painéis em série, ou, como é tecnicamente chamado de *string* (VILLALVA&GAZOLI, 2012), que é uma fileira de painéis em série, formando assim a ligação de quatro *strings* em paralelo.

Desta forma, cada um dos três blocos foi ligado da mesma forma. A figura 64 ilustra as instalações sendo feitas pelos técnicos.



Figura 64. Ligações elétricas dos painéis.

Ressalta-se que, de acordo com as estimativas de projeto, os painéis geram em corrente contínua, então suas ligações serão feitas em condutores negativos e positivos. Justamente com os painéis vieram acompanhando os cabos de saída negativa e positiva.

O desenho da imagem 65, fornecido pelo fabricante, permite visualizar esses polos e cabos. Esses cabos são próprios para fazer ligação em painéis fotovoltaicos e os conectores são do tipo MC4, de fácil instalação, bastando somente plugar um ao outro, evitando o uso de fitas isolantes que podem não ser instaladas adequadamente, provocando perdas de corrente e de baixa durabilidade.

Após feitas as ligações, os condutores de cada fileira de polos negativos e de polos positivos são levados a um barramento dentro de uma caixa de proteção, conforme a figura 66. Nesse barramento sai somente um condutor negativo da cor preta e um condutor positivo da cor vermelha.

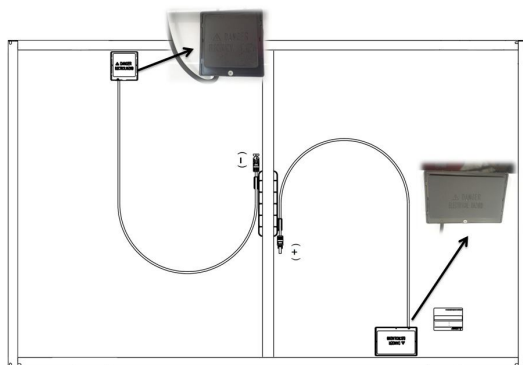


Figura 65. Esquema de ligação elétrica dos painéis. Fonte: Energia Pura.



Figura 66. Vista dos condutores chegando ao barramento.

Estes condutores, de cores vermelha e preta, em cada bloco gerador foram direcionados até o quadro de distribuição chamado de Q1, dentro da sala de controle. Cada bloco gerador foi ligado a um disjuntor CC de 63 amperes, conforme demonstra a figura 67.

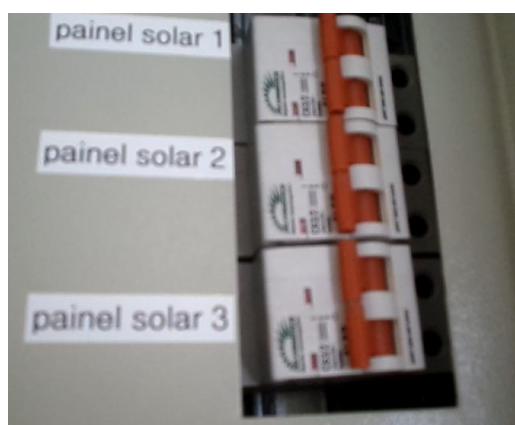


Figura 67. Disjuntores dos painéis.

4.5.1. Instalação dos acumuladores

Os acumuladores adquiridos para o sistema, da marca Moura, comumente chamados de baterias, foram dispostos na estante, conforme a figura 68, em um total de 36 unidades. Essa estante também é de material metálico, bem reforçado, e levou pintura em epóxi para evitar a oxidação do metal. Além disso, foi colocado nas prateleiras da estante uma lâmina de borracha isolante. Estes acumuladores também foram instalados em três blocos, para serem ligados a cada bloco gerador dos painéis.



Figura 68. Vista parcial do banco de acumuladores.

Cada bloco de acumuladores é formado por quatro unidades, ligadas em série e três unidades ligadas em paralelo. Os quatro acumuladores de 12V de tensão ligados em série somam a tensão necessária de trabalho do inversor, que é de 48V. A fileira em paralelo representa a corrente necessária para atender a demanda projetada.

Após executadas as conexões entre si, os blocos de acumuladores foram ligados, tanto no controlador de carga (responsável pelo carregamento dos mesmos), quanto no inversor de corrente (responsável por converter a corrente contínua em corrente alternada). Os condutores positivos passaram antes por um sistema de proteção utilizando fusíveis, para depois migrarem para os inversores, conforme a figura 69, onde visualiza-se o quadro onde esses fusíveis foram instalados, juntamente com o uso de um barramento, para os condutores negativos.



Figura 69. Quadro de fusíveis, para proteção do sistema.

4.5.2. Instalação dos controladores

A ligação dos controladores é feita a partir dos cabeamentos dos painéis e com os cabeamentos dos acumuladores, funcionando da seguinte forma: a energia gerada pelos painéis é direcionada para o controlador de carga, que estabiliza a corrente antes de enviar para os acumuladores. Desta forma, cada um dos blocos geradores foi ligado em um controlador de carga.

Na figura 70 verifica-se o instalador fazendo as conexões. É possível observar ao lado um pequeno quadro onde foram instalados disjuntores de proteção na saída dos controladores, notando que somente os condutores positivos, passam pelo disjuntor.



Figura 70. Conexão dos condutores nos controladores de carga.

A partir dos disjuntores os condutores positivos foram conectados também ao quadro de proteção, passando pelos fusíveis que protegerão os inversores.

Já os condutores negativos que saem dos controladores, são conectados diretamente ao barramento, dentro do quadro de proteção dos fusíveis.

Assim, o controlador conduz a corrente elétrica gerada pelos painéis, já estabilizada, tanto para os inversores quanto para os acumuladores. Quando os acumuladores estiverem totalmente carregados, a corrente conduzirá somente para os inversores. Quando os painéis não fornecerem energia suficiente e começarem a reduzir seu fornecimento, começarão a conduzir corrente das baterias para o inversor. Vale salientar que o controlador tem também como função, não permitir que a energia retorne para os painéis.

4.5.3. Instalação dos inversores

Inicialmente foram instalados os protetores de surto sobre os inversores. Estes protetores protegem os inversores contra surtos de corrente que podem vir da rede elétrica e também contra surtos de corrente contínua, caso a proteção anterior falhe.

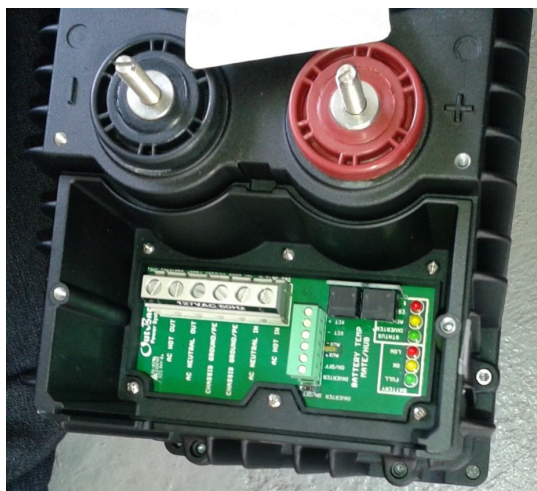


Figura 71. Vista interna do inversor, onde se instala a conexão com o protetor de surto.

Os dois pinos grandes, vistos na imagem 71, com base vermelha e preta, são onde ocorre a conexão dos condutores de corrente contínua.

No painel da cor verde (figura 72, a) são conectados os cabos do protetor de surto, bem como foi executada uma conexão a partir da corrente contínua que será inserida no inversor (figura 72, b).

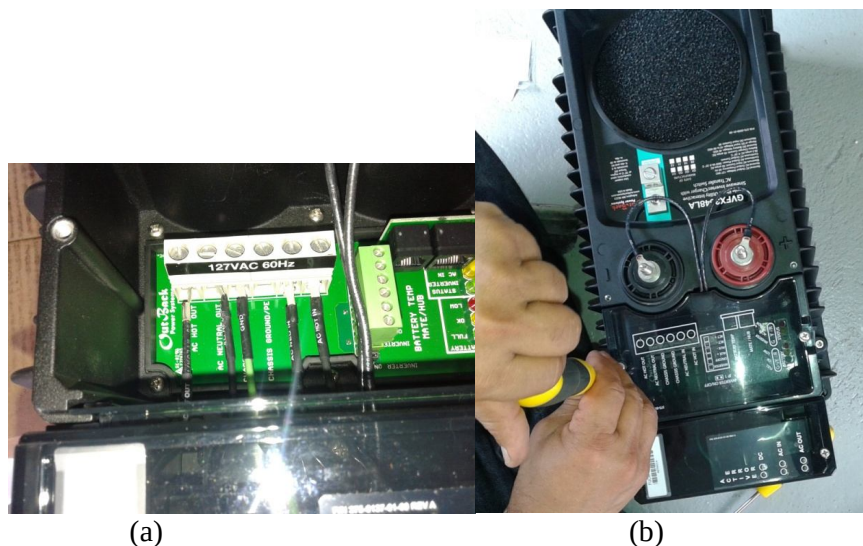


Figura 72. Cabos conectados e vista do protetor de surto sobre o inversor.

Em seguida, os inversores foram fixados na parede e foi iniciada a instalação tanto dos condutores de corrente contínua quanto os condutores de corrente alternada.

A figura 73 permite visualizar o início das conexões dos condutores de corrente contínua para o inversor nos pinos de base vermelha e preta.



Figura 73. Início das conexões com os inversores.

Estes pinos possuem uma capa de plástico isolante para isolar os condutores e evitar qualquer acidente. Após a instalação dos condutores de corrente contínua, foram feitas as conexões dos condutores de corrente alternada.

Primeiramente foram conectados os condutores que viriam da rede elétrica da concessionária e posteriormente os condutores das cargas. Em ambos os casos foram conectados 3 condutores, um condutor fase, um condutor neutro e um condutor terra.

Cada inversor fornece uma fase, formando assim um sistema trifásico, necessário para o suprimento das cargas de iluminação do projeto.

4.5.4 Instalação dos equipamentos de comunicação e programação

Para esta etapa, foi instalado um *hub* (pivô concentrador de dados) responsável por realizar a comunicação entre os equipamentos com o MATE que faz a programação da operação tanto do inversor quanto do controlador. Na figura 74 é possível verificar o início das conexões dos condutores de comunicação.



Figura 74. Instalação dos condutores de comunicação de dados.

Toda a programação da operação do inversor é feita pelo MATE. O controlador possui um programador interno, mas também passou pela programação do MATE com o objetivo de realizar a comunicação adequada com o inversor.

4.6. Características da inspeção no local

O sistema fotovoltaico instalado funciona ligado a rede convencional da fábrica, possibilitando que, havendo falta de energia do sistema fotovoltaico, a rede convencional volta automaticamente. Esse procedimento é feito pelo próprio inversor de corrente, que possui

internamente uma chave de transferência automática. Esse procedimento garante a estabilidade na entrega da energia para as cargas instaladas neste sistema.

Com os sistemas de comunicação de dados é possível visualizar presencialmente alguns parâmetros elétricos. Até a conclusão deste trabalho foram feitas duas visitas, sob forma de inspeção e avaliação à microusina, no horário das 08:30 e 11:00, demonstrada a seguir.

4.6.1 Primeira inspeção – dia ensolarado

A primeira visita foi feita em um dia ensolarado, e coletou-se os dados como são possíveis de visualizar no visor de cada um dos controladores das imagens 75, 76 e 77. O Primeiro controlador marcava que os painéis do primeiro bloco estavam conduzindo para a entrada do controlador 21,2A e na saída tinha-se 31,9A, naquele instante. A tensão de entrada dos painéis era de 84,5V e a tensão das baterias de 54,3V. A potência instantânea era de 1.730kW, e até a hora medida já haviam sido gerados 3,4kWh de energia (valor diário acumulado).

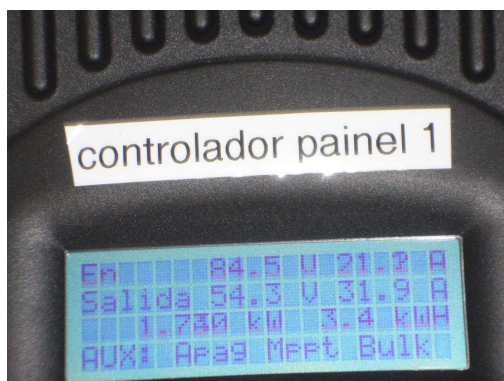


Figura 75. Parâmetros elétricos do controlador de carga 1.

E visualizam-se as demais medidas nas seguintes figuras:



Figura 76. Parâmetros elétricos do controlador de carga 2.



Figura 77. Parâmetros elétricos do controlador de carga 3.

Nota-se que as tensões de saída de cada controlador de carga apresentam valores próximos. Mantendo assim a estabilidade da tensão a ser fornecida aos inversores.

Já as imagens 78 e 79 apresentam os parâmetros elétricos da saída do controlador de carga, emitidos também pelo comunicador de dados (MATE).

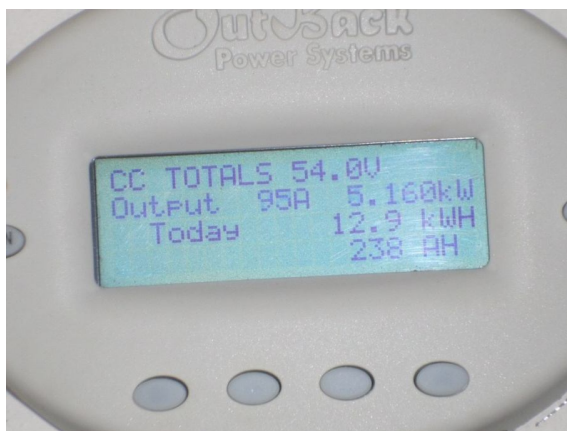


Figura 78. Parâmetros elétricos na saída de corrente alternada dos inversores.

A tensão média de saída dos controladores de carga ficou em 54V e a corrente total em 95A, no instante medido, como potência instantânea de 5.160kW¹.

A energia acumulada naquele dia até o momento medido foi de 12,9kWh. O Valor de 238Ah indica a capacidade média fornecida pelos acumuladores.

A figura 79 demonstra os mesmos parâmetros medidos, passados alguns segundos após os da figura anterior. É possível observar, portanto, que a corrente reduziu e consequentemente a potência.

¹ Esses valores instantâneos variam constantemente, não podendo ser adotado como valor exato.

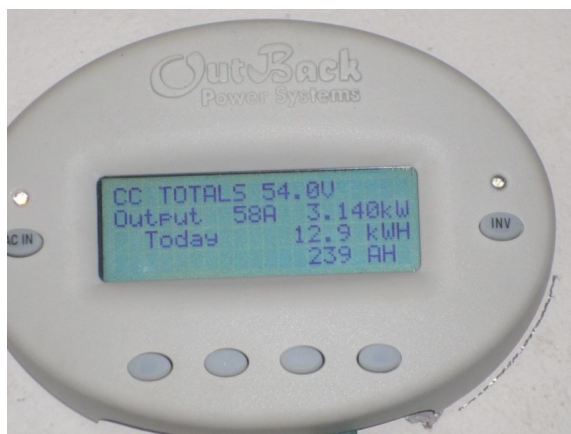


Figura 79. Parâmetros elétricos coletados, instantes após a coleta anterior.

A figura 80 apresenta os parâmetros elétricos de potência fornecida a ser economizado da rede (denominada no visor de *Support*); ou seja, a energia gerada pelo sistema fotovoltaico, a energia transmitida para as cargas (*AC Loads*) e a energia consumida da rede (denominada *Buying*).

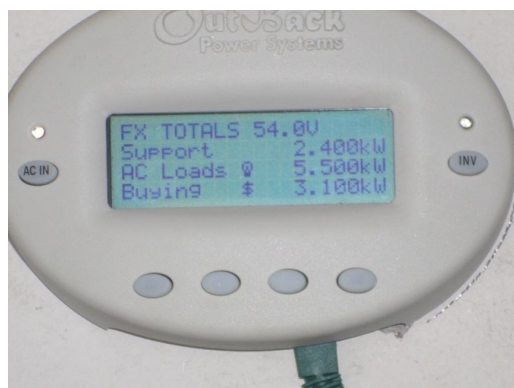


Figura 80. Parâmetros elétricos, demanda das cargas e potência fornecida.

Esses valores são instantâneos. Há a necessidade de ser feita uma coleta do quantitativo mensal para se ter como parâmetro os valores de demanda e de energia gerada por mês pelo sistema, onde, segundo as perspectivas de projeto, será registrada a economia do consumo de energia na rede convencional.

4.6.2 Segunda inspeção – dia chuvoso

Na segunda visita de acompanhamento do sistema fotovoltaico instalado e em operação, o período da manhã estava chuvoso, desde as primeiras horas do dia.

De qualquer forma, para se registrar como a microusina operava nestas condições de clima, foram realizadas novas medidas, nos mesmos padrões de inspeção e visualização que as anteriores. O Primeiro Controlador marcava que os painéis do primeiro bloco estavam conduzindo para a entrada do controlador 0,5A e na saída estava saindo 0,7A, naquele instante. A tensão de entrada dos painéis era de 69,3V e a tensão dos acumuladores de 51,8V. A potência instantânea era de 0,04kW, e ainda não haviam sido contabilizados os dados de energia gerada em kWh, conforme a figura 81.



Figura 81. Parâmetros elétricos do controlador de carga 1 em um dia chuvoso.

As demais medidas são possíveis de visualizar nas figuras 82 e 83:

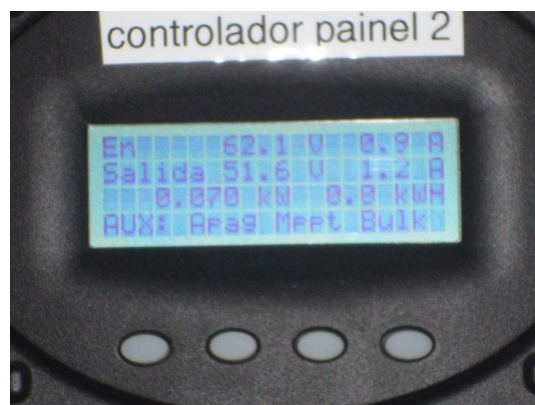


Figura 82. Parâmetros elétricos do controlador de carga 2 em um dia chuvoso.

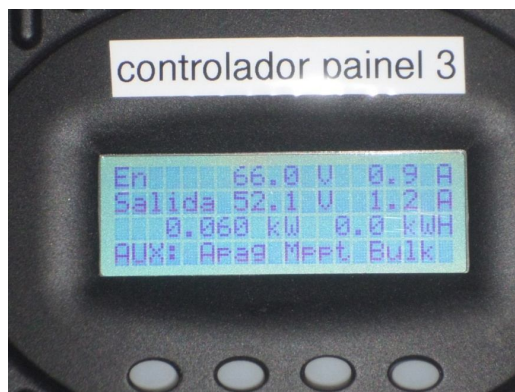


Figura 83. Parâmetros elétricos do controlador de carga 3 em um dia chuvoso.

Já as imagens 84 e 85 apresentam os parâmetros elétricos da saída (*output*) do controlador de carga, emitidos também pelo comunicador de dados.

A figura 84 foi registrada no horário de 08:52 da manhã, onde é possível identificar que ainda não apresentava energia gerada acumulada em kWh, mas havia potência instantânea de 0,16kW, e uma corrente de 3A total, comprovando que o sistema fotovoltaico instalado estava em pleno funcionamento.

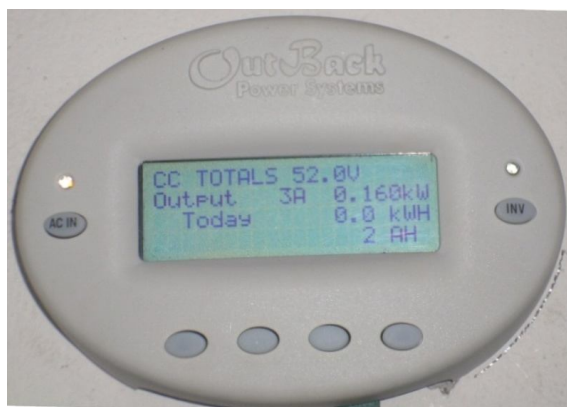


Figura 84. Parâmetros elétricos na saída de corrente alternada dos inversores.

A figura 85 demonstra os mesmos parâmetros medidos cerca de uma hora após a captura dos dados da figura 84.

É possível observar que a corrente aumentou (de 2 para 13A), devido a maior incidência de raios solares, o que prova que apesar do local no momento da inspeção estar coberto de nuvens há radiação solar, mesmo que em um nível bem baixo.

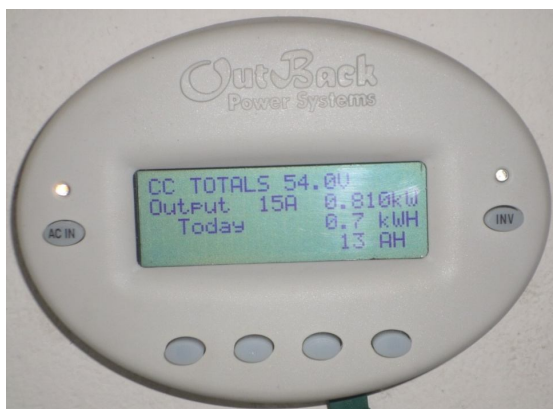


Figura 85. Parâmetros elétricos coletados cerca de uma hora após a coleta anterior.

A potência instantânea estava em 0,81kW e já havia um acumulado de 0,7kWh de energia gerada. Visualizou-se portanto que os acumuladores não se encontraram carregados pela capacidade fornecida de 13Ah (nominalmente deveria fornecer 220Ah).

Já as figuras 86 e 87 apresentam os parâmetros elétricos de energia a ser economizada da rede (*Support*), de energia gerada para as cargas (*AC Loads*) e a energia a ser consumida da rede (*Buying*).

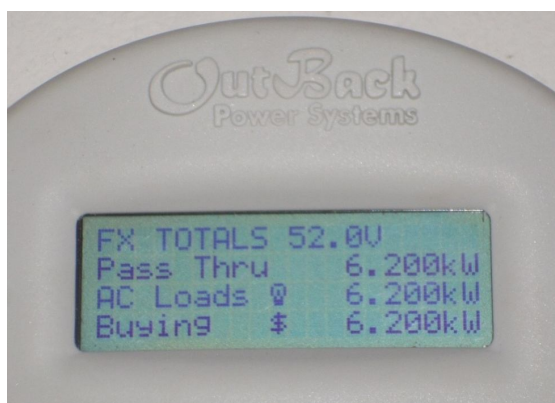


Figura 86. Parâmetros elétricos, demanda das cargas e potência fornecida.

A figura 87 demonstra as mesmas medições uma hora depois das anteriores, já indicando uma pequena geração da energia fotovoltaica.

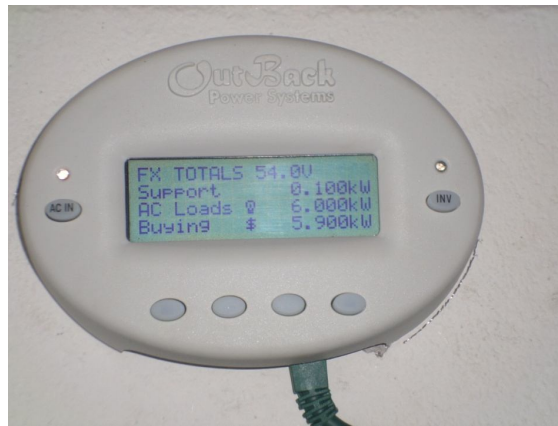


Figura 87. Parâmetros elétricos coletados cerca de uma hora após a coleta anterior.

A seguir na figura 88 temos uma vista geral das instalações, comprovando que o sistema foi locado de maneira correta, sem interferir no ambiente da fábrica, mesmo porque havia área disponível.

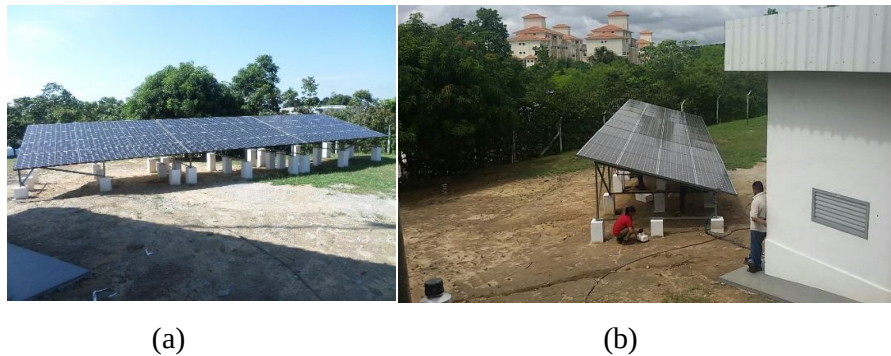


Figura 88. (a), vista geral dos painéis e (b), vista dos painéis e parte da sala de controle.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Este trabalho desenvolveu-se sob a discussão da geração e do uso da energia elétrica em um seguimento industrial local, bem como dados sobre os principais programas de eficiência energética e a demonstração de aplicação de uma ferramenta de diagnóstico energético devidamente fundamentada. Foram compilados dados mensurados sobre o uso da iluminação atual e a substituição em 3 linhas específicas dentro do setor da produção, além de informações técnicas de projeto, evidências e dados de instalação e operação de um sistema de geração de energia alternativa, baseando-se em uma microusina solar fotovoltaica, sendo este sistema algo pioneiro em uma indústria do PIM, no que se refere às barreiras econômicas e tecnológicas que esta inovação impõe; discorreu-se também sobre a base metodológica necessária para a implantação de um sistema de gestão de energia, baseado na sua respectiva norma, a ISO 50001, sendo estas as principais motivações da pesquisa que o originou, por considerar que este importante complexo econômico possui uma considerável oportunidade de conservação de energia em relação às indústrias do ramo eletroeletrônico do qual é composto.

A partir da aplicação do diagnóstico energético por meio da ferramenta EFICIND obtiveram-se os dados dos equipamentos de maior consumo e as oportunidades de redução do consumo de energia da fábrica em questão, que foram as esteiras de inserção e montagem, iluminação, climatização e o equipamento de ar-comprimido, totalizando 88% do consumo de energia, todos estes itens contendo grande potencial de conservação de energia. Em termos de ação imediata para atender esta necessidade de melhoria, foi dado foco na análise de substituição de lâmpadas comuns tipo fluorescente tubular com reator eletrônico por lâmpadas tipo tubular LED. Observando seu comportamento no que se refere às grandezas elétricas por meio de um software dedicado, constatou-se que neste quesito de iluminação a conservação de energia reduzirá de 16,13 kW de potência instalada para 6,67 kW, onde sugere-se uma economia de 41% de energia. O consumo de energia decairá, portanto, de 120,81 MWh/ano para previstos 71,39 MWh/ano.

Ainda em relação às melhorias ocorridas com o uso das lâmpadas LED, a pesquisa identificou avanços significativos na qualidade da iluminação, e consequentemente no quesito ergonômico, informado diretamente pelos operadores que exerceram suas atividades no ambiente de estudo, onde antes contavam com lâmpadas fluorescentes, ratificando as expectativas almejadas no início deste trabalho.

Quanto aos sistemas de ar comprimido, apesar de não ter sido o objeto da pesquisa o relatório resultante do diagnóstico recomenda vistorias mais precisas, principalmente na busca de vazamentos na rede. Já para o sistema de climatização, o próprio relatório e as investigações de campo recomendam uma revisão do plano de manutenção destas máquinas, e uma análise de investimento para adquirir máquinas novas e mais eficientes, do tipo selo A PROCEL, inexistentes nas máquinas de refrigeração avaliadas, onde almeja-se a redução do consumo de energia a médio prazo.

Em relação à instalação da microusina, os registros aqui incluídos demonstraram que esta, após instalada e em plena operação, o sistema gera cerca de 1.123kWh/mês, onde totalizará 13.476kWh/ano, sendo este o consumo que será economizado pela fábrica; porém entende-se que a maior contribuição da microusina será gerar de forma pioneira no PIM a oportunidade de se observar qual o impacto de se utilizar um sistema de energia alternativo, comprovadamente renovável, de acordo com a irradiação existente na cidade de Manaus, bem como as dificuldades enfrentadas no que se refere a projeto, instalação, logística dos equipamentos, materiais utilizados e a previsão de oferta deste tipo de energia.

Neste quesito desafiador de se instalar um sistema alternativo de geração de energia, concluiu-se a seguinte análise: o PIM possui atualmente um total de 50 empresas de produtos eletroeletrônicos. Se metade destas, um total de 25 empresas, instalarem nos próximos anos um sistema de fonte renovável de energia similar ao aqui detalhado, seja em uma área disponível ou mesmo no telhado de seus galpões fabris, porém com metade da potência instalada pela microusina estudada (6.738 kWh/ano), é prevista, portanto, sob um conta direta, um total de 168,45 MWh/ano de energia renovável, o que equivale a quase o total de energia gerada pela usina termelétrica de Aparecida, que fornece ao parque gerador de Manaus uma potência efetiva de 172 MW, conforme dados da concessionária Eletrobras. Este montante de 168,45 MWh/ano equivale a 130.125 tCO_{2eq} por ano, um índice bastante significativo, considerando que a matriz energética da região Norte é quase que totalmente dependente de combustíveis fósseis, que lançam anualmente toneladas de gases de efeito estufa na atmosfera. Uma outra possibilidade que se identificou é que o sistema fotovoltaico instalado, tão logo as iniciativas de operação da rede sejam efetivadas por parte das concessionárias, poderá injetar ao menos parte desta energia na rede de distribuição, fazendo com que estas se adequem mais rapidamente à resolução ANEEL 482/2012, em vigor porém muito incipiente na sua aplicação em nossa região.

Em relação aos indicadores de desempenho energético, a pesquisa identificou que as dificuldades de obter os dados em um ambiente fabril devem ser contingenciadas nas etapas

de planejamento, para que estes indicadores possam retratar a realidade e possibilitem a melhoria continua do processo de eficiência energética. De posse dos dados estudados, no que se refere a conservação de energia, esta indústria em específico produz 2,36 produtos por kWh, um índice relativamente alto dada a matriz energética existente a partir da queima de combustível fóssil, porém sinaliza que a melhoria de seu desempenho energético é promissora, frente as ações de eficiência energética iniciadas, que devem coincidir com a implantação de seu SGE.

Portanto, através dos resultados aqui detalhados, conclui-se que há uma gama de novas possibilidades de se realizar ações práticas de conservação de energia em uma fábrica do PIM, a partir de uma auditoria energética consolidada, como é o questionário de diagnóstico energético EFICIND, ou mesmo outra ferramenta de diagnóstico, desde que devidamente consolidada na literatura científica de obtenção de dados de conservação de energia, seja na substituição de equipamentos economicamente adequada ou mesmo na desafiadora instalação de uma microusina de geração fotovoltaica, e para agregar todas estas ações, estabelecer a cultura de melhoria continua através de um sistema de gestão de energia, fazendo uso da norma NBR ISO 50001, da mesma forma que a maioria das empresas presentes no PIM possui os demais sistemas de gestão de qualidade e ambiental, sendo este seu principal desafio. Finalmente, este importante complexo industrial e econômico, que teve seus incentivos fiscais prorrogados até 2073, deve direcionar seus esforços para que estas e outras advindas ações de eficiência energética sejam o quanto antes iniciadas, principalmente por sua localização, em plena floresta amazônica, requerer cuidados mais objetivos e urgentes em relação a sustentabilidade e preservação do meio ambiente, vindo a reduzir de forma prática o impacto ambiental causado por suas operações industriais.

5.1 Limitações da Pesquisa

Este trabalho identificou algumas barreiras que foram alheias aos objetivos e desafios impostos, no que se refere a iniciar uma pesquisa deste porte em uma indústria do PIM. A primeira delas refere-se ao tempo disponível, considerando que os estudos definidos são parte de um compromisso em se levantar dados técnicos para justificar um projeto de pesquisa e desenvolvimento na indústria; todavia a própria liberação de recursos financeiros tomou parte do prazo disponível, posto que a equipe ficou impossibilitada de adquirir alguns equipamentos de medição e infraestrutura necessários a mesma.

Outro fator importante é a disponibilidade do recurso humano dentro da indústria para fornecer o suporte necessário, pois toda pesquisa requer um grau de dedicação, onde todos possam juntar forças para atingir os objetivos. Porém ao final deste trabalho todos colaboraram da melhor forma possível, onde entende-se que, considerando o prazo razoavelmente curto de realização dos estudos prévios dentro e fora da indústria, os resultados obtidos foram satisfatórios.

A logística de aquisição de equipamentos para o Estado do Amazonas, seja trazendo-os de outro estado ou país ainda influi no índice de esforço, ocasionando certa dificuldade para planejar a melhor forma de se implantar uma pesquisa em uma indústria. Antecipar aquisições de materiais e forçar o compromisso dos recursos humanos envolvidos ainda é a melhor saída para minimizar o impacto de atrasos nos prazos previstos para um estudo deste porte.

5.2 Sugestões de melhorias e trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento deste estudo foram observadas questões adicionais que poderiam ser discutidas em trabalhos futuros, tais como estender para toda a fábrica as medições imputadas, registros de diagnóstico energético e a metodologia implantada, com foco na eficiência energética; como exemplo, direcionados para a infraestrutura de refrigeração.

Por fim, a microusina fotovoltaica instalada vai requerer autorização da concessionária para sua interligação futura à rede elétrica existente. Sugere-se portanto estudar quais os critérios que visam atender a resolução normativa ANEEL 482/2012, que foi instituída para facilitar a conexão à rede de distribuição as mini e microusinas de geração elétrica a partir de fontes renováveis, resultando em arcabouço técnico para que outras indústrias sejam motivadas para iniciarem a instalação de outras unidades de geração alternativa, acompanhando portanto o crescimento do mercado nacional de uso destes equipamentos que, ratificados pelos últimos leilões ofertados, já são uma realidade sob o ponto de vista da expansão das matrizes energéticas nacionais.

REFERÊNCIAS

ABESCO. Disponível em: <http://www.abesco.gov.br/>.

ABINEE. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/>

ABNT. **NBR ISO 50001: Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT. **NBR ISO 14064: Gases do Efeito Estufa. Parte 2 - Especificação e orientação a projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissões ou da melhoria das remoções de gases de efeito estufa**. Brasília-DF, 2007.

ANEEL - **MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**. Brasília, 2008. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2007/039/documento/novo_manual_de_ee_v2_7_2_.pdf. Acesso em 04 de abril de 2014.

BP Statistical. **Statistical Review of World Energy 2014**. Disponível em: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Acesso em 27 de julho de 2014.

CGPRO - **COORDENAÇÃO-GERAL DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO ORÇAMENTÁRIA**. SUFRAMA. Dados parciais até agosto de 2014. Disponível em: www.suframa.gov.br/acessoainformacao/info_local_sap_cgpro.cfm. Acesso em: 25 de junho de 2014.

CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/index.php?task=livro&cid=481>.

DOMANSKI. E. L.V.. **Eficiência energética aplicada aos processos produtivos em uma indústria química**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do ABC. 2011. 112 f.

DR. LUX. **Guia básico de iluminação**. Disponível em: <http://drlux.com.br/blog/guia-basico-de-iluminacao/>. Acesso em 06 de junho de 2014.

EMPALUX. Luminotécnica, Paraná, 2014. Disponível em: <http://www.empalux.com.br/?a1=1>. Acesso em 23 de junho de 2014.

ELETOBRAS. Disponível em <http://www.eletobrasamazonas.com/cms/empresa/mercado-de-energia/>

Energia Pura. **Energia solar e eólica para casas e negócios**. Disponível em: <https://www.energiapura.com/projetos>. Acessado em 29 de março de 2014.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>

EPE. Nota técnica DEA 13/14. **Demanda de Energia 2050**. Rio de Janeiro, agosto de 2014.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Manual de indicadores de energia industrial 2011, 2012 e 2013**. Rio de Janeiro. Agosto de 2014

FROZZA, J.F. **Eficiência energética em indústria frigorífica: desafios de implantação**. Dissertação (mestrado). UTFPR. Paraná, 2013 126 f. Disponível no repositório eletrônico da UTFPR. Acesso em 04 de abril de 2014.

GESTAL. Manual do usuário do Smart 32 v. 4.30.

GAZOLI; J.R.; VILLALVA; M.G. e GUERRA; J. **Revista O Setor Elétrico - Capítulo X: Energia solar fotovoltaica – sistemas conectados à rede elétrica**. SP, 2012. Disponível em <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/987-capitulo-x-energia-solar-fotovoltaica--sistemas-conectados-a-rede-eletrica.html>. Acesso em 05 de junho de 2014.

GODOI, José Maria Alves. **Eficiência energética industrial: um modelo de governança para a indústria sob requisitos de sustentabilidade**. Dissertação (mestrado). PPG USP. São Paulo, 2011. 126 f.

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

GLOBAL GEO. **Surfer - Informações sobre o Software**. RJ, 2011. Disponível no site: www.globalgeo.com.br/index.php/surfer.htm, acesso em 10 de junho de 2014.

GRIMM. A. M. **RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE**. Paraná, 1999. Disponível em: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-7.html>. Acesso em 15 de julho de 2014.

INTRAL. **Reator eletrônico POUP**. Caxias do Sul, 2012. Disponível em: <http://www.intral.com.br/produtos/detalhes/99>. Acesso em 15 de setembro de 2014.

LED STAR. **Lâmpadas TUBE LED**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.ledstar.com.br/new/index.php/produtos-ledstar/tubeled>. Acesso em 09 de setembro de 2014.

NEOSOLAR. **Conectores MC4**. São Paulo, 2014. Disponível em <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/conector-mc4>. Acesso em 06 de junho de 2014.

LUXSIDE. **Índice de Reprodução de Cor**. Disponível em: <http://www.luxside.com.br/blog/irc-indice-de-reproducao-de-cor-da-lampada/>. Acesso em 06 de junho de 2014.

MAMEDE, João. **Instalações elétricas industriais**. 8ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MATHIAS, Flávio Roberto de Carvalho. **Diagnóstico energético e gestão da energia em uma planta petroquímica de primeira geração**. 2014. 144f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP.

MENKES, MONICA. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade**, 295f. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. 2004.

PANESI, A. R. Q. **Fundamentos de eficiência energética – industrial, comercial e residencial**. 1. ed. São Paulo: Ensino Profissional Editora, 2006. 189p. il.

PATTERSON, M. G. **What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues**. Energy Policy. v24, p.377-390, 1996.

PIA. **Pesquisa Industrial Anual – empresa e produto**. 2010. Disponível em: <http://questionarios.ibge.gov.br/downloads-questionarios/pia-pesquisa-industrial-anual-empresa-e-pia-pesquisa-industrial-anual-produto>. Acesso em 12 de maio de 2014.

PLANAM. **Luminária Plalux ECO**. Disponível em: http://www.planam.com.br/luminarias_plalux_eco.asp. Acesso em 11 de janeiro de 2014.

PNEf. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. MME. Brasília, DF. 2014

PROCEL. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp>.

PROCEL-ELETROBRAS. **Guia Técnico Gestão Energética**. Rio de Janeiro, 2008.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade. **Eficiência Energética em Edifícios**. Barueri, SP. Manole 2012, 195p.

SCHMIDT, W. **Materiais Elétricos: condutores e semicondutores**. 3ª ed. Volume I. Editora Editora Edgard Blucher, São Paulo, 2011.

SILVA, Jorge Lúcio da. **A redução do consumo de energia elétrica em Manaus através de medidas de eficiência energética em climatização industrial.** 2011. 141f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, PA.

TANAKA, K. **Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy.** Energy Policy, v.36, 2008.

UNFCCC. **United Nations Framework Convention on Climate Change.** 1997 to 2014. (Protocolo de Kyoto). Disponível em: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php. Acesso em 9 de agosto de 2014.

VILLALVA, M.G. GAZOLI, J.R. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e aplicações - Sistemas isolados e conectados à rede.** 1. ed. São Paulo: Érica, 2012.

ANEXO A - QUESTIONÁRIO PARA PROPOSTA DE PROJETO DE P&D

1. INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento industrial traz inúmeros benefícios a sociedade pois, além de ser fonte de emprego e renda é a fonte principal da produção de diversos bens de consumo para a sociedade. No entanto, o desenvolvimento industrial acelera na mesma proporção a pressão sobre o meio ambiente. Assim, na atualidade existe uma marcada tendência a procura de tecnologias mais limpas e modos de produção mais sustentáveis. Neste sentido, já se perfilam tecnologias alternativas baseadas na utilização de recursos renováveis e se aperfeiçoam as legislações nacionais e internacionais para controlar e direcionar a produção industrial.

Neste contexto os Projetos Verdes (*Green Projects*), estão ganhando grande força e aplicabilidade, como via principal de alcançar novos níveis de sustentabilidade.

2. QUESTIONÁRIO:

Pesquisa de Formas de Redução do Impacto dos Processos Fabris no Meio Ambiente.

Informações gerais da empresa

- Razão social; Technicolor Brasil Midia e Entretenimento Ltda
- Setor industrial a que pertence; Eletroeletronico
- Linhas principais de produção (principais produtos); Modens e Decodificadores
- Número de funcionários; 600
- Dados de faturamento;
- Market share (apenas um *briefing*);
- Área construída; 5.913,55
- Endereço; Av. Max Teixeira, 2319, Col. Santo Antonio
- Contatos (cargo, e-mail, telefones);
- Certificações que a empresa possui (ISOs, outras): ISOs 14001 e 9001.

1. Tema 1. Área de energia

• Informações gerais:

- a. A empresa tem algum trabalho precedente relacionado com a redução das emissões de gases de efeito estufa? Sim
- b. Existem dispositivos e/ou equipamentos e/ou sistema de controle para minimizar as emissões atmosféricas significativas? Quais? Não
- c. Os equipamentos de monitoramento para controle ambiental são objeto de manutenção preventiva? Quem faz nossos monitoramentos é uma empresa terceirizada, cobramos os laudos de aferição dos equipamentos usados.
- d. Qual o tipo de insumo energético que a empresa utiliza? (Permitido assinalar mais de um item)
(x) Eletricidade () Gás Natural (x) GLP () Óleo Combustível (x) Óleo Diesel () Querosene () Resíduos de Biomassa () Outros. Quais?

- e. No processo produtivo da empresa os insumos energéticos são utilizados em quais sistemas e usos? (Permitido assinalar mais de um item)
() Vapor () Água (x) Ar Comprimido () Condensados (x) Força Motriz () Calor de Processo () Aquecimento Direto (x) Refrigeração (x) Iluminação () Eletroquímica () Outros. Quais?

- f. Existe equipe responsável para acompanhar, identificar e implementar soluções na área de Eficiência Energética em sua empresa? (exemplo: Comissão Interna de Conservação de Energia – CICE)
(x) Sim () Não;

- g. Existem objetivos e metas de redução do consumo de energia estabelecidas pela empresa?
(x) Sim () Não
- h. Existem objetivos e metas de redução do consumo de água estabelecidas pela empresa?
(x) Sim () Não
- i. Existem objetivos e metas de redução de resíduos estabelecidas pela empresa?
(x) Sim () Não

- **Iluminação:**

- a. Descrição das áreas da empresa conforme o processo produtivo;

Administração, produção, Estoque, Expedição.

- b. Exigências de iluminação por área da fábrica conforme o processo produtivo;
- c. Tipo de lâmpada predominante nas áreas produtivas: lâmpadas fluorescentes tipo HO
- d. Estado técnico das redes associadas a iluminação da fábrica. Quantidade de anos de instaladas;
15 anos e a troca é realizada dependendo do Grau de Depreciação
- e. Os sistemas de iluminação estão separados por áreas dentro da fábrica (sistemas compartimentados e balanceados)? Sim
- f. É conhecido o consumo de energia e associado iluminação? Sim
- g. Alguma área da empresa possui adaptação na arquitetura para aproveitamento da luz natural?
Não
- h. A cor das paredes das áreas de produção favorece a iluminação e o bom desempenho dos trabalhos? Sim
- i. O projeto de iluminação das áreas da fábrica foi desenvolvido e instalado conforme o tipo de trabalho a desenvolver pelos funcionários em cada seção ou a fábrica possui um único sistema de iluminação típico para todas as áreas? Não. Existe um único sistema de iluminação típico para todas as áreas.

- **Geração de energia**

- a. A empresa possui sistemas de geração de energia como alternativa ao fornecimento da concessionária? Quais fontes? Quantas fontes? Qual é a capacidade de geração das mesmas?

Sim, 2 Grupos geradores, Cap. 450 KVA cada um

- b. As fontes de geração alternativas estão vinculadas a que áreas ou processos da empresa?
Todas as áreas
- c. A empresa possui algum sistema de geração do tipo eficiente (sistema utilizando fontes renováveis de energia).

- **Consumo & equipamentos**

- a. Existe na empresa um levantamento do consumo energético por áreas de trabalho?
Não
- b. Quais áreas da empresa tem o maior consumo energético? Quais processos e equipamentos estão associados a estes consumos?
Produção (maquinas de refrigeração e as linhas de montagens
- c. A empresa segue algum critério na aquisição de equipamentos (certificação PROCEL, equipamentos versáteis de baixo consumo ou equipamentos de baixo consumo e alta eficiência);
Sim
- d. Como é realizada a climatização das áreas? Qual é o tipo de equipamento predominante? Dados de consumo energético associado a climatização das áreas?

Através de climatizadores

- e. Quais tipos de sistemas de exaustão a empresa possui? Quantidade por áreas? Consumo dos sistemas de exaustão?

Tema 2. Pegada hídrica

- j. A empresa tem algum trabalho precedente relacionado com a redução do consumo e a reutilização de água?
Sim
- k. Existe trabalho de conscientização dentro da empresa relacionado com a redução do consumo de água?
Sim
- l. Existe sistema de captação de águas pluviais? O sistema está estendido a toda a empresa?
Não
- m. Qual é o estado de conservação do sistema de captação de águas pluviais? Quantos anos tem o sistema após a montagem do mesmo?
- n. As águas pluviais são utilizadas atualmente na empresa para alguma atividade fins não potáveis)?
- o. Tem alguma parte do processo produtivo da empresa que requeira a utilização de consideráveis volumes de água?
BANheiros
- p. Existem registros mensais de consumo de água na empresa? A empresa possui hidrômetro calibrado? Sim
- q. Quantas fontes de abastecimento de água a empresa possui? 01 (uma)
- r. A empresa tem poço próprio? Quantos e qual é a situação dos sistemas de bombeamento? Sim, possui manutenção e está em boas condições.
- s. Qual é o consumo energético associado a bombeamento de água na empresa? Sem resposta.
- t. Qual e o custo desta atividade? Sem resposta.

2. Tema 3. Efluentes

- a. A empresa tem algum estudo precedente direcionado as formas de redução e tratamento de efluentes gerados em consequência do processo produtivo? Não usamos água no processo produtivo
- b. Quantos funcionários possui a empresa (considerar número máximo)? 658 funcionários até janeiro de 2014.
- c. Existe sistema de tratamento de efluentes na empresa?
Sim
- d. Qual é o tipo de sistema de tratamento de efluentes possui a empresa?
Biológica e de desinfecção.
- e. Qual é a capacidade máxima do sistema de tratamento de efluentes da empresa?
45 m³ de lançamentos mensais.
- f. A empresa possui um programa de manutenção corretiva e preventiva para os sistemas de tratamento de efluentes? Sim.
- g. Qual é a destinação final dos efluentes gerados e tratados pela empresa?
Reuso e Esgoto da rua
- h. Existem mecanismos eficientes para impedir que efluentes que contém óleo sejam lançados em corpos d'água? Sim
- i. A empresa possui restaurante industrial? O restaurante industrial possui caixa de gordura? A limpeza segue periodicidade rigorosa? Qual o destino do efluente?
Sim, Sim, Sim, Tratamento
- j. A drenagem pluvial é segregada dos demais efluentes? Não
- k. O resíduo do tratamento é lançado no corpo receptor ou é segregado?
Resp: Segregado
- l. O sistema de tratamento de efluentes prevê a reutilização de água após a desinfecção das mesmas no tratamento terciário? Sim
- m. A empresa trabalha com equipamentos e sistemas de baixo consumo de água (sistemas eficientes)? Sim

3. Tema 4. Resíduos

- a. A empresa tem algum trabalho precedente relacionado com a quantificação, classificação, destinação ou reutilização dos resíduos gerados no processo produtivo? A empresa possui um plano de gerenciamento de resíduos? Sim
- b. Quais são os principais insumos utilizadas nos processos produtivos da empresa?

Eletrônicos, papelão e plástico.
- c. Existe algum trabalho na empresa direcionado ao reaproveitamento dos resíduos na própria empresa? Sim
- d. Já foi implementado na empresa algum sistema de produção mais limpa (P+L), 5S, coleta seletiva, outros? Sim
- e. Os pátios de depósitos de resíduos são pavimentados e impermeabilizados? Ou dispõem de mecanismos para evitar a contaminação do solo e o carregamento de resíduos para a drenagem pluvial? Sim
- f. A organização mantém atualizado o inventário de resíduos sólidos? Sim
- g. São realizadas análises, sempre que necessário, para identificar classe dos resíduos? Sim
- h. É definida destinação mais adequada a cada tipo? Sim
- i. Existe inventário atualizado de produtos/resíduos perigosos (produtos químicos, materiais radioativos, óleos, gases, agrotóxicos, sucata contendo óleo, etc.), cujo manuseio, armazenamento, transporte e disposição ocorre em conformidade com a lei? Sim
- j. Como são as condições de armazenamento de produtos ou resíduos perigosos? Obedecem as normas de segurança pertinentes? Sim
- k. Como é feita a disposição do lixo comum (inclusive resíduos orgânicos, restos de alimentos, etc.)? Central de Resíduos.

4. Tema 5. Aspectos socioambientais

- a. A empresa tem algum trabalho precedente relacionando com os aspectos de meio ambiente e sociedade? Ocorreu ou ocorre algum trabalho com as comunidades no entorno onde a sede da empresa está localizada?

Sim, implantação da coleta seletiva em uma escola da circunvizinhança.

Obrigado pelas informações.

Manaus/AM - JANEIRO DE 2014.

ANEXO B – Principais indicadores de eficiência energética

Sigla	Denominação do indicador	Sistema verificado
<i>FC</i>	<i>Fator de Carregamento</i>	<i>Acionamento de esteiras</i>
<i>PCT</i>	<i>Percentual de Consumo Total</i>	<i>Instalações elétricas</i>
<i>CMM</i>	<i>Consumo mensal médio por m²</i>	<i>Instalações elétricas</i>
<i>CMP</i>	<i>Consumo mensal por produto fabricado</i>	<i>Instalações elétricas</i>
<i>DMF</i>	<i>Demanda mensal por funcionários</i>	<i>Instalações elétricas</i>
<i>FP</i>	<i>Fator de Potência</i>	<i>Quadros de distribuição de circuitos</i>
<i>FCa</i>	<i>Fator de Carga</i>	<i>Quadros de distribuição de circuitos</i>
<i>THD</i>	<i>Taxa de Distorção Harmônica</i>	<i>Qualidade de energia (medição nos softwares dedicados)</i>
<i>IFV</i>	<i>Indicador de viabilidade de energia fotovoltaica</i>	<i>Microusinas fotovoltaicas (após concluída e em operação)</i>
<i>IEA</i>	<i>Indicador de Emissões Atmosféricas</i>	<i>Qualidade de energia (medição a partir do consumo e da energia economizada)</i>

Obs: verificados de acordo com a pesquisa de campo e literatura técnica referentes ao desempenho energético da indústria onde ocorreu a pesquisa.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Publicações resultantes deste trabalho

LIMA, A. K. C.; FREITAS, C. L.; FROTA, W. M. SOSA, P. L. **Estudo de caso da efficientização energética na substituição de lâmpadas fluorescentes comuns por lâmpadas LED e na implantação de uma microusina fotovoltaica em uma indústria do Polo Industrial de Manaus-PIM.** IN: XVI SIMAI – Seminário Internacional de Meio Ambiente Industrial e Sustentabilidade, 11 a 13 de novembro de 2014. São Paulo, SP.