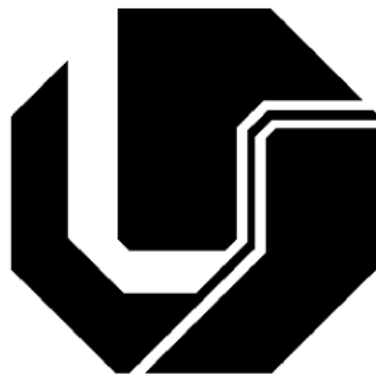


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



PROJETO DE MICROUSINA SOLAR FOTOVOLTAICA A SER
IMPLANTADA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA NO
CONTEXTO DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS
CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA

DOUGLAS BULEGON TSUKAMOTO

Uberlândia - MG

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PROJETO DE MICROUSINA SOLAR FOTOVOLTAICA A SER
IMPLANTADA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA NO
CONTEXTO DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS
CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA

DOUGLAS BULEGON TSUKAMOTO

Dissertação de mestrado submetida à
Universidade Federal de Uberlândia –
Núcleo de Pesquisas em Eletrônica de
Potência (NUPEP) como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do
título de mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes de
Freitas

Uberlândia - MG

2018

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

T882 Tsukamoto, Douglas Bulegon, 1990-
2018 Projeto de microssistema solar fotovoltaica a ser implantada na
Universidade Federal de Uberlândia no contexto do programa de
eficiência energética das concessionárias de energia elétrica
[recurso eletrônico] / Douglas Bulegon Tsukamoto. - 2018.

Orientador: Luiz Carlos Gomes de Freitas.
Coorientador: Fernando Cardoso Melo.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Engenharia Elétrica.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.378>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Engenharia elétrica. I. Freitas, Luiz Carlos Gomes de, 1977-,
(Orient.). II. Melo, Fernando Cardoso, 1989-, (Coorient.). III.
Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em
Engenharia Elétrica. IV. Título.

CDU: 621.3

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

DOUGLAS BULEGON TSUKAMOTO

Projeto de microssistema solar fotovoltaica a ser implantada na
Universidade Federal de Uberlândia no contexto do programa de
eficiência energética das concessionárias de energia

Dissertação de mestrado submetida à
Universidade Federal de Uberlândia –
Núcleo de Pesquisas em Eletrônica de
Potência (NUPEP) como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do
título de mestre em Ciências.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes de Freitas
(Orientador – UFU)

Prof. Dr. Fernando Cardoso Melo
(Co-orientador – UFU)

Prof. Dr. Gustavo Brito de Lima
(Examinador – UFU)

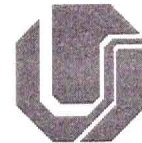
Profa. Dra. Loana Nunes Velasco
(Examinadora – UNB)

Uberlândia - MG

2018



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 679/2018/PPGEE

Data: 05 de abril de 2018

Discente: Douglas Bulegon Tsukamoto

Número de matrícula: 11522EEL003

Título do Trabalho: Projeto de microssina solar fotovoltaica a ser implantada na Universidade Federal de Uberlândia no contexto do programa de eficiência energética das concessionárias de energia elétrica

Área de concentração: Sistemas de Energia Elétrica

Linha de pesquisa: Eletrônica de Potência

As 10:00 horas do dia 05 de abril de 2018 na Sala de Defesas da Faculdade de Engenharia Elétrica, Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, assim composta:

Luiz Carlos Gomes de Freitas

CPF: 038.203.046-06, orientador

Fernando Cardoso Melo

CPF: 016.433.496-35, co-orientador

Gustavo Brito de Lima

CPF: 027.500.035-47

Loana Nunes Velasco

CPF: 998.866.001-44

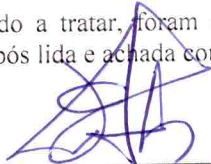
Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes de Freitas apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais.


Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o candidato A provado.

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

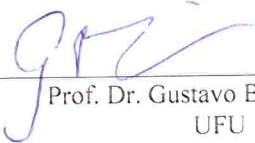
Nada mais havendo a tratar, foram encerrados os trabalhos às 12 horas e 10 minutos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



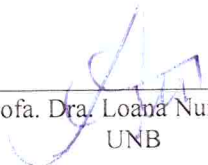
Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes de Freitas
UFU



Prof. Dr. Fernando Cardoso Melo
UFU



Prof. Dr. Gustavo Brito de Lima
UFU



Profa. Dra. Loana Nunes Velasco
UNB

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Carlos Gomes de Freitas pela orientação durante esses anos, pelas discussões que estimularam e desenvolveram meu interesse por estudo em eficiência energética e energia fotovoltaica.

A todos os professores e pesquisadores do NUPEP com os quais compartilhei ideias e experiência durante este período.

Aos meus pais, Marcos e Cláudia, por serem sempre um exemplo. Me auxiliar, incentivar e orientar em todos os obstáculos.

À minha companheira Ana Carolina, por estar sempre ao meu lado e me apoiar mesmo na distância.

Aos amigos de Uberlândia por estarem sempre por perto e aos de Água Boa que mesmo longe, estão presentes.

À PREFE e aos Engenheiros Marcio Bassi e Luana, pelo apoio com as medições.

À Universidade Federal de Uberlândia

À CNPq, pela bolsa concedida.

E a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

RESUMO

O reconhecimento dos benefícios econômicos, sociais e ambientais, como consequência de medidas de eficiência energética está se tornando cada vez mais frequente no Brasil. É necessário conhecer os modelos e programas dessas medidas para que prédios públicos possam ser mais eficientes e obter o selo PROCEL de edificações. Desta forma, este trabalho procura elucidar termos e procedimentos de eficiência energética para edificações que desejam atender requisitos para participar de Programas de Eficiência Energética. Para tal, são analisados estudos de eficiência energética nos segmentos industrial e público e serão mostradas ferramentas para Medição e Verificação para a determinação da linha de base para valorar as economias esperadas. Este também irá propor Ações de Eficiência Energética para o Hospital Odontológico da Universidade Federal de Uberlândia, seguindo procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PEE), Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP®) e o Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas da CEPEL. O trabalho conclui com o projeto de uma usina fotovoltaica em complemento às ações de efficientização no prédio.

Palavras-Chave: Usina fotovoltaica. Rede Elétrica. Eficiência Energética.

ABSTRACT

The recognition of social and environmental economic benefits as a consequence of energy efficiency measures is becoming more and more frequent in Brazil. It is necessary to know the models and programs of these measures so that public buildings can be more efficient and participate to obtain the seal of PROCEL of buildings. In this way, this work seeks to elucidate terms and procedures of energy efficiency for buildings that wish to meet requirements to participate in Energy Efficiency Programs. To this end, energy efficiency studies are analyzed in the industrial and public segments and tools for Measurement and Verification will be shown as the determination of the baseline to evaluate the expected savings. This will also propose Energy Efficiency Actions for the Dental Hospital of the Federal University of Uberlândia following procedures of the Energy Efficiency Program (PEE), International Protocol for Measurement and Verification of Energy Performance (PIMVP®) and the Guide to Energy Efficiency in Buildings Of CEPTEL. The work concludes with the project of a photovoltaic plant in addition to the efficiency actions in the building.

Keywords: Photovoltaic power plant. Electrical network. Energy Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) 2016/2017</i>	18
Figura 2. Evolução do nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas do subsistema SE/CO	19
Figura 3. Índice de reprodução de cor e exemplos de aplicação	28
Figura 4. Temperatura de Cor Correlata	28
Figura 5. Etiqueta Nacional de Conservação da Energia Geral (ENCE)	32
Figura 6. Radiação Solar Global – Médias Sazonais	35
Figura 7. Irradiação solar – Brasil (a) / Irradiação solar – Alemanha (b). Média anual da radiação global incidente no plano horizontal.....	36
Figura 8. Processo de seleção da opção PIMVP	43
Figura 9 Opções do PIMVP sugeridas	44
Figura 10. Exemplo de histórico para determinação de energia economizada	49
Figura 11. Bloco 4L HO-UFU	56
Figura 12. Gráfico relação de cargas por usos finais de energia	58
Figura 13. Consumo de energia na ponta e fora de ponta entre os meses de maio/2016 e abril/2017	59
Figura 14. Demanda da potência atual na ponta e fora de ponta entre os meses de maio/2016 e abril/2017	59
Figura 15. Consumo e demanda da Unidade consumidora HO-UFU entre os meses maio/2016 e abril/2017	60
Figura 16. Termômetro IBUTG de globo bulbo seco e úmido	62
Figura 17. Fluke 434-II utilizado na medição.....	63
<i>Figura 18. Modelo linha de base</i>	64
Figura 19. Irradiação Solar no Plano Inclinado - Monte Alegre de Minas – Minas Gerais.....	77

Figura 20. Irradiação Solar no Plano Inclinado - Monte Alegre de Minas - Minas Gerais.....	77
Figura 21. Localização dos módulos referentes ao respectivo inversor	79
Figura 22. Dados da simulação do sistema fotovoltaico no PVSyst.....	79
Figura 23. Dados de temperatura no local da instalação e Tensão do inversor	79
<i>Figura 24. Disposição e definição do arranjo no PVsyst.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 25. Parâmetros da Simulação.</i>	<i>82</i>
Figura 26. Diagrama de sombreamento durante o ano	82
Figura 27. Bloco 4L com sombreamento e posição dos módulos	83
Figura 28. Gráfico da evolução de desembolsos do projeto	95

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Dados do engenheiro responsável pelas instalações do Bloco 4L.....	54
Tabela 2. Dados responsável do Diagnóstico Energético	54
Tabela 3. Dados unidade consumidora.....	56
<i>Tabela 4. Relação de cargas Bloco 4L HO UFU</i>	<i>57</i>
Tabela 5. Sistema atual de iluminação.....	71
Tabela 6. Sistema proposto de iluminação	71
Tabela 7. Resultados esperados para o sistema de iluminação	71
Tabela 8. Sistema atual de condicionamento ambiental	74
Tabela 9. Sistema proposto de condicionamento ambiental	74
Tabela 10. Resultados esperados para o condicionamento ambiental	75
Tabela 11. Parâmetros do módulo fotovoltaico	76
Tabela 12. Parâmetros do sistema fotovoltaico.....	83
Tabela 13. Distribuição de energia por horário.....	84
Tabela 14. Resultados esperados da usina fotovoltaica	85
Tabela 15. Custos diretos e indiretos dos equipamentos para iluminação.....	87
Tabela 16. Custos anualizados da ação de efficientização da iluminação	87
Tabela 17. Custos diretos e indiretos dos equipamentos para condicionamento ambiental.....	88
Tabela 18. Custos anualizados da ação de efficientização do condicionamento ambiental.....	88
Tabela 19. Custos diretos e indiretos dos equipamentos para a usina fotovoltaica ..	89
Tabela 20. Custos anualizados da instalação da usina fotovoltaica.....	90
Tabela 21. Cálculo Relação Custo-Benefício por uso final e total.....	92
Tabela 22. Cronograma físico das atividades durante os 12 meses do projeto	93

Tabela 23. Cronograma financeiro de gastos com cada atividade e suas origens. Meses 1 a 5 (em reais).....	94
Tabela 24. Cronograma financeiro de gastos com cada atividade e suas origens. Meses 6 a 12 (em reais).....	94
Tabela 25. Custo por categoria contábil e origem dos recursos.....	96
Tabela 26. Custos de Marketing.....	97

LISTA DE ABREVIATURA E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
AEE	Ação de Eficiência Energética
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BRA	Brasil
BTU	British Thermal Unit / Unidade Térmica Britânica
cd/m ²	Candela por metro quadrado
CED	Custos Evitado de Demanda
CEE	Custo da Energia Evitada
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
CNPJ	Cadastro de Pessoa Jurídica
CO	Centro-Oeste
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito
CV	Coeficiente de Variação
DOE	United States Department of Energy – Departamento de Energia dos Estados Unidos.
EAR	Energia Armazenada
EE	Energia Economizada
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
ESCOS	Empresas de Serviços de Conservação de Energia
EVO	Efficiency Valuation Organization
FC	Fator de Carga
FCP	Fator de Coincidência na Ponta
FEELT	Faculdade de Engenharia Elétrica
FEMP	Federal Energy Management Program
FP	Fator de Potência
FT	Fluorescentes Tubulares
GTTEE	Grupo Técnico de Trabalho em Eficiência Energética

HO-UFU	Hospital Odontológico da Universidade Federal de Uberlândia
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRC	Índice de Reprodução de Cor
kV	Quilovolt
kWh/m ²	Quilowatt-hora por metro quadrado
LED	Light Emitting Diode
LFC	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
lm/W	Lúmen por Watt
M&V	Medição e Verificação
m ²	Metro quadrado
MEC	Ministério da Educação
MG	Minas Gerais
MMT	Média Mensais de Temperatura
MRE	Medidas Individuais de Racionalização de Energia
NBR	Normas Brasileiras
NEMVP	North American Energy Measurement and Verification Protocol
NUPEP	Núcleo de Pesquisa em Eletrônica de Potência
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance
PNEF	Plano Nacional de Eficiência Energética
PR	Performance Ratio
PREFE	Prefeitura Universitária
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica e
EDIFICA	Programa de Eficiência Energética em Edificações
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
R ²	Coeficiente de determinação
RCB	Relação Custo Benefício
ROL	Receita Operacional Líquida

SE	Sudeste
SUS	Sistema Único de Saúde
THS	Tarifa Horo Sazonal
VBDD	Variable Base Degree Days

SUMÁRIOS

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
1.2 JUSTIFICATIVAS	20
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 REGULAMENTAÇÃO SOBRE O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	23
2.1.1 Proposta sobre a Eficiência Energética	23
2.1.2 Empresa de Serviços de Conservação de Energia (ESCOS)	24
2.1.3 Usos Finais	26
2.1.4 Programa de Certificação de Prédios Eficientes (PROCEL)	30
2.1.5 Programa de Eficiência Energética (PEE - CEMIG)	33
2.2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	33
2.2.1 Aspectos Conceituais	34
2.3 MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO	36
2.3.1. Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) ..	38
3 METODOLOGIA	39
3.1 OPÇÕES BÁSICAS DOS PROTOCOLOS	39
3.1.1 Opção A: Abordagem do consumo estipulado e verificação apenas de potencial de economia. 39	
3.1.2 Opção B: Abordagem do Consumo Medido	40
3.1.3 Opção C: Abordagem do Medidor Geral	40
3.1.4 Opção D: Abordagem da Simulação Calibrada	41
3.2 Coleta, tratamento e escolha da opção (pimvp)	42

3.2.1 Opção C: Toda a instalação	45
3.2.2 Opção C: Aspectos relativos aos dados de energia	45
3.2.3 Opção C: Aspectos relativos às faturas de energia.....	46
3.2.4 Opção C: Variáveis independentes	47
3.2.5 Opção C: Cálculos e modelos matemáticos.....	49
3.2.6 Opção C: Medição.....	51
3.2.7 Opção C: Custo.....	52
3.2.8 Opção C: melhores aplicações.....	52
4 DIAGNÓSTICO	52
4.1 APRESENTAÇÃO DO CONSUMIDOR.....	53
4.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	54
4.3 OBJETIVOS	55
4.4 ESTIMATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS USOS FINAIS DA ENERGIA ELÉTRICA	55
4.4.1 Levantamento de carga	57
4.5 AVALIAÇÃO DO HISTÓRICO DE CONSUMO	58
4.6 DESCRIÇÃO E DETALHAMENTO	60
4.7 ESTRATÉGIA DE M&V	61
4.7.1 Variáveis Independentes	61
4.7.2 Fronteira de medição.....	62
4.7.3 Opção do PIMVP	63
4.7.4 Modelo do consumo da linha de base	64
4.7.5 Amostragem	65
4.7.6 Cálculo da economia	65
4.8 ANÁLISE DE OPORTUNIDADE E AVALIAÇÃO DA ECONOMIA	67

4.8.1. Iluminação.....	69
4.8.2 Condicionamento ambiental.....	73
4.8.3 Sistemas Fotovoltaicos.....	76
4.9 CÁLCULO DA RELAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO (RCB).....	85
4.9.1 Cálculo dos custos	85
4.9.2 Cálculo dos benefícios	90
4.9.3 Relação custo benefício	91
4.10 PRAZOS E CUSTOS	92
4.10.1 Cronograma físico	92
4.10.2 Cronograma financeiro	93
4.10.3 Custos por categoria contábil e origens dos recursos	95
4.11 DESCARTE DE MATERIAIS.....	96
4.12 PROPOSTA DE AÇÕES DE <i>MARKETING</i>	97
5 CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES	98
5.1 CONCLUSÕES	98
5.2 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	99
6 REFERÊNCIAS.....	100
ANEXOS	102
Anexo A – Dados Medições Energia 4L - 15/05/2017	102
Anexo B – Projeto Usina Fotovoltaica.....	105

1 INTRODUÇÃO

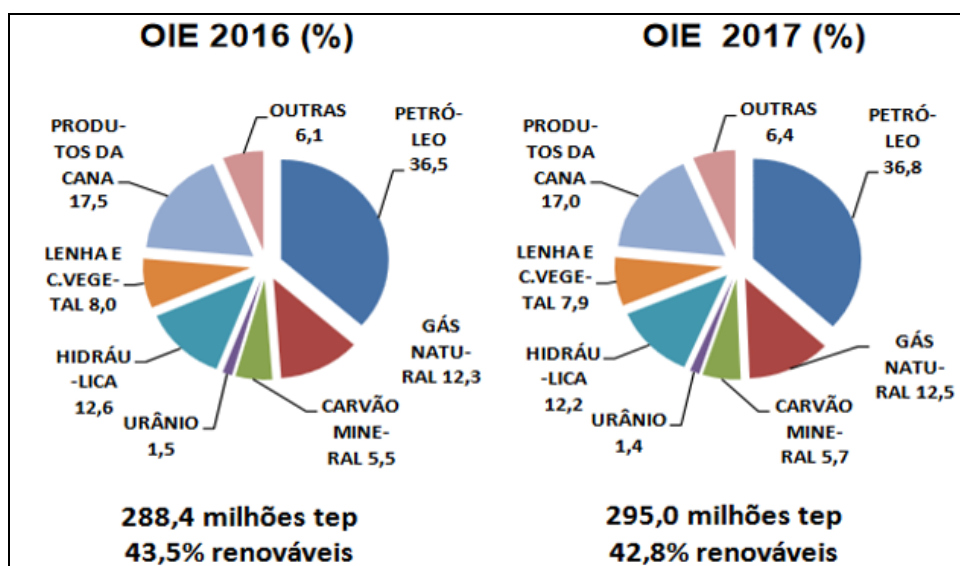
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O consumo crescente de energia *per capita* é um dos principais obstáculos enfrentados por países desenvolvidos ou em desenvolvimento. O consumo de energia elétrica no Brasil, em 2017, foi estimado em 635 TWh indicando um crescimento de 2,5% em comparação ao ano de 2016. Conforme o Balanço Energético Nacional (BNE, 2017), o consumo de Prédios Públicos em 2016 foi aproximadamente, 15,62 TWh. Desta forma, os edifícios de poder público representam 2,4% do consumo total de energia elétrica do País (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017).

Atualmente, a produção mundial de eletricidade, demonstrado a seguir pela Figura 1, é dependente dos combustíveis fósseis, conforme os dados da Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*). Para uma produção de energia elétrica de 20.055 TWh, 80,5% provém dos derivados fósseis. Assim, as denominadas energias renováveis correspondem somente a 19,5%, conjunto composto por hidroelétricas, energia eólica, da biomassa e fotovoltaica (*INTERNATIONAL ENERGY AGENCY*, 2016).

A partir da Figura 1 observa-se que mesmo em menor proporção, a energia eólica, solar e de biomassa, tendem a um grande crescimento (MME, 2017). O cenário brasileiro difere do mundial, pois ele é caracterizado fortemente por fontes renováveis (74,6%), provindas principalmente da hidroeletricidade (59,8%).

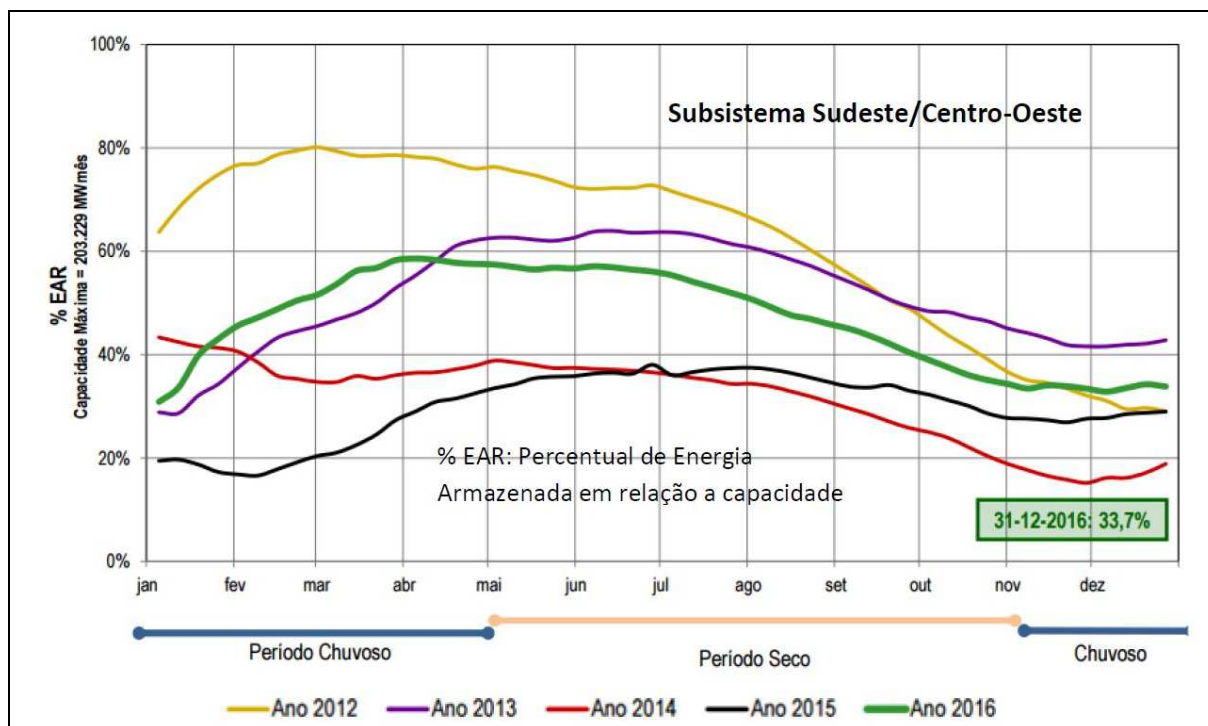
Figura 1. Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) 2016/2017



Fonte: MME (2017).

O início de 2015 foi marcado pelo aumento tarifário da energia elétrica, uma vez que a geração de energia teve seu custo aumentado devido à necessidade de geração térmica. Assim, os consumidores residenciais, comerciais, industriais e do setor público sentiram economicamente. O aumento no custo da energia elétrica foi ocasionado pelos baixos níveis dos reservatórios de várias regiões do país. Os anos de 2014 e 2015 tiveram os piores níveis nos reservatórios das hidrelétricas da região Sudeste/Centro-Oeste, conforme podemos observar na Figura 2

Figura 2. Evolução do nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas do subsistema SE/CO



Fonte: MME (2016).

Desta forma, uma das alternativas para a contenção de gasto é a utilização consciente visando o uso racional da energia elétrica. Por meio deste proposto, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica e Programa de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica), que apresenta seis vertentes de ação: indicadores referenciais para edificações, arquitetura bioclimática, regulamentação e legislação, certificação de equipamentos e remoção de barreiras à conservação de energia e educação (LAMBERTS et al., 2010).

Segundo o PROCEL, o potencial estimado de redução do consumo em prédios públicos com implementação de ações de Eficiência Energética é de 25% a 60% de economia de energia elétrica conforme projetos elaborados pelas Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCOS) no âmbito do Programa de Eficiência Energética (PEE). Assim, o potencial de economia varia de 3,15 TWh/ano a 7,57 TWh/ano, com alterações principais nos sistemas de iluminação e condicionamento de ar (EPE, 2015).

Veja que de importante destaque a informação de que o gasto do governo federal com energia elétrica, no ano de 2016, somaram R\$ 2,6 bilhões, segundo o

Boletim de Custeio Administrativo do Governo Federal, publicado em janeiro de 2017. O líder do ranking destes gastos foram as universidades federais, ao todo, R\$ 750,7 milhões foram desembolsados pelo Ministério da Educação (MEC) para esse tipo de despesa.

O incentivo da economia de energia em prédios públicos é oferecido também por concessionárias de energia elétrica por meio de programas anuais de eficiência energética regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A Resolução n. 300/2008 da ANEEL determina que concessionárias devam aplicar anualmente 0,5% da Receita Operacional Líquida (ROL) no desenvolvimento de projetos de eficiência energética, sendo 60% deste valor destinado à unidades consumidoras beneficiadas pela tarifa social de energia elétrica, e o restante aplicado entre as diversas tipologias de projetos de eficiência energética previstas pelo Manual do PEE. Geralmente são priorizados os maiores grupos de consumidores atendidos pela determinada concessionária (MME, 2015).

1.2 JUSTIFICATIVAS

A situação do abastecimento energético, aliada a medidas de economia de energia devem ser consideradas medidas estratégicas e urgentes da política energética. Portanto, medidas de efficientização por meio de programas de incentivo à eficiência energética e implementação de geração distribuída são válidas para minimização dos efeitos negativos no cenário nacional. Todavia, programas governamentais como o PROCEL e o PEE foram criados para incentivarem os consumidores a economizar energia.

Com as questões supracitadas, o presente trabalho tem como objetivo abordar os prédios públicos eficientes com geração distribuída fotovoltaica e, portanto, observar a legislação e regulamentação vigentes no Brasil. A partir deste estudo, é realizado um Diagnóstico Energético do Hospital Odontológico da Universidade Federal de Uberlândia (HO-UFU), além da proposta para implementação de geração distribuída fotovoltaica.

Portanto, por ser uma instituição de ensino sem fins lucrativos e voltado para a área da saúde e tecnologia, a implementação deste projeto no HO-UFU terá grande impacto na conscientização da comunidade acadêmica sobre a necessidade

da conservação de energia. Ao tornar eficiente as instalações do hospital e implementar a minigeração fotovoltaica, entende-se que é uma grande iniciativa para a consolidação do compromisso desta instituição com a sociedade e o meio ambiente.

Ao realizar a instalação da geração distribuída fotovoltaica em um *campus* voltado para a saúde, a comunidade acadêmica (docentes, discentes e demais) vão ter contato direto com a dinâmica de uma fonte renovável que está despontando no Brasil com uma boa rentabilidade.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atingir o objetivo de realizar um projeto de modelo sustentável para o Hospital Odontológico da Universidade Federal de Uberlândia determinou-se o estado da arte do Programa de Eficiência Energética da CEMIG. Da análise dos protocolos estudados, é proposto um projeto acompanhado do diagnóstico completo sobre as futuras economias, para as instituições públicas.

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo introduz dados de consumo de energia no Brasil, assim como últimos dados de geração de energia alternativa. É mostrada também, a economia em prédios públicos, através de Ações de Eficiência Energética. As diretrizes desta pesquisa são apresentadas neste capítulo.

No segundo capítulo é apresentado o estado da arte do principal protocolo de medição e verificação existente direcionado ao setor industrial, o PIMVP (EVO, 2007). Estuda-se, também, o histórico da regulamentação sobre programas de eficiência energética no Brasil e como uma Empresa de Serviços de Conservação de Energia (ESCO) faz-se necessária para realizar medições corretamente, assim, calculando as economias com precisão. Também são apresentadas técnicas utilizadas para o desenvolvimento do Diagnóstico Energético. Além de apresentar modelos de regressão para o modelo matemático da linha de base

O terceiro capítulo descreve os procedimentos metodológicos utilizados para desenvolvimento desta pesquisa, os protocolos utilizados, bem como o processo de coleta de dados. Nesse sentido, descreve-se os materiais e métodos utilizados para desenvolvimento da pesquisa.

O quarto capítulo apresenta o diagnóstico energético baseado no Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), contendo a análise da situação atual do Hospital Odontológico e as soluções eficientes para redução do consumo de energia. Apresenta ainda, o estudo de medição e verificação, linha de base e o novo sistema de iluminação e a usina fotovoltaica. Por fim, todos os cálculos de economia, e viabilidade financeira para sua implementação.

No quinto capítulo, é feita uma síntese dos pontos relevantes do trabalho. Verifica-se o alcance dos objetivos propostos, comentam-se algumas limitações e fazem sugestões para a continuidade do trabalho em pesquisas futuras.

O sexto capítulo apresenta as revisões bibliográficas que foram necessárias para a realização deste trabalho. Nos apêndices, informativos sobre os dados das medições e o projeto de engenharia da usina fotovoltaica proposta.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 REGULAMENTAÇÃO SOBRE O PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

O Brasil possui há mais de 30 anos, programas de Eficiência Energética como: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), entre outros, além de políticas e planos específicos.

2.1.1 Proposta sobre a Eficiência Energética

A diminuição do consumo de energia elétrica no Brasil, por meio de métodos que tem como objetivo incentivar, o uso racional da energia, o melhor desempenho dos sistemas elétricos e a redução das perdas, são aplicadas aos diversos seguimentos do setor elétrico, desde a geração e até o consumidor final (GONÇALVES, 2013).

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) promove o aprimoramento do marco legal, com o intuito de possibilitar um mercado sustentável de eficiência energética, procurando mobilizar a sociedade com as medidas a serem executadas e estabelecendo as fontes estáveis de recursos (BRASIL, 2011).

Em conformidade com a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, denominadas distribuidoras, devem incentivar programas visando a eficiência energética. Conforme a Lei 12.212, de 20 de janeiro de 2010, 0,5% da Receita Operacional Líquida (ROL) deve ser aplicada para projetos de eficiência energética, segundo os regulamentos da ANEEL (PROPEE, 2013).

Portanto, as concessionárias buscam a promoção do uso eficiente e racional de energia elétrica nos diversos setores da economia por meio de projetos, que demonstra a importância e a viabilidade econômica de ações ao combate ao

desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia (PROPEE, 2013).

2.1.2 Empresa de Serviços de Conservação de Energia (ESCOS)

Quando um prestador de serviços apresenta o seu produto para um cliente, existe uma expectativa sobre a aceitação deste produto. O sucesso do seu negócio pode estar associado à comprovação da qualidade do que está sendo vendido. É bom lembrar que acontece situações em que o cliente não tem necessidade do produto e pode ser atraído a comprá-lo, dependendo da estratégia usada pelo vendedor. Em outras situações, o produto pode ser muito importante para o cliente, mas ele ainda precisará ser convencido disto.

Um prestador de serviços em eficiência energética seja ele um profissional liberal ou uma ESCO (*Energy Service Company* / Companhia de Serviços de Energia) que são Empresas de Engenharia, especializadas em Serviços de Conservação de Energia, ou melhor, em promover a eficiência energética e de consumo de água nas instalações de seus Clientes. Pode se deparar diante de um cliente em potencial, tendo então que demonstrar a importância da realização destes serviços. Em outras palavras, terá de convencer o cliente dos ganhos econômicos que advirão após as mudanças propostas. É comum se chamar estes serviços de “*retrofit*” em eficiência energética. Eles são de natureza diversificada, como uma reforma na arquitetura, mudança e instalação de novos equipamentos, gerenciamento dos padrões de uso e etc.

Se for feita uma demonstração objetiva do potencial de economias de energia para o cliente, este será o primeiro passo para o sucesso de um *retrofit*. Após a sua realização, a comprovação destas economias será fundamental para garantir a credibilidade quanto aos serviços realizados. Uma maneira de determinar estas economias é, calcular a diferença entre o consumo medido após a realização do serviço (*pós-retrofit*) e o que existia antes (*pré-retrofit*). Em seguida, calcular o custo desta diferença.

Esta subtração é um cálculo básico e bastante simples. Porém, no momento em que investigamos cada consumo, seja através da análise de faturas de consumo

de energia da concessionária ou de medições separadas, complicações podem surgir em função da dificuldade de se obter determinadas informações. Teoricamente, estas medições devem ser feitas sob as mesmas condições climáticas, mesmas taxas de ocupação, dimensões das áreas condicionadas e outras variáveis de interesse.

Levando-se em consideração que estas condições raramente permanecem constantes, se faz necessária a realização de ajustes, que deverão compensar as mudanças ocorridas (WILLSON, 1998). A necessidade de se fazer ajustes comprova que não basta simplesmente calcular a diferença direta entre os consumos medidos nos períodos *pré* e *pós-retrofit*. Para complementar, as decisões envolvidas nos ajustes são frequentemente complexas e muitas vezes diferentes, para diferentes especialistas.

Como o consumo de energia varia constantemente, é preciso compreender os fatores que determinam esta variação. Diferenciar as cargas que operam de maneira constante, independente das condições climáticas ou taxa de ocupação, daquelas que variam, identificando as causas de cada variação. Compreender que existem variações cíclicas e outras aleatórias, identificar as parcelas de erro envolvidas no processo e escolher períodos de consumo que representem da melhor maneira possível o uso de energia em cada local analisado (WILLSON, 1998).

Dentro desta complexidade de fatores, necessário definir as condições de uso de energia existentes antes da realização do *retrofit*. O termo linha de base tem se configurado como apropriado para definir um período representativo, juntamente com as características de uso de energia que servirá de referencial básico para futuras estimativas de economia de energia (COWAN; SCHILLER 1997; WILLSON, 1998). As informações necessárias para se determinar a linha de base devem abranger até o mínimo de um ano, onde aparece a influência das quatro estações climáticas. O mais recente padrão de uso de energia é o melhor referencial a ser considerado. Deve-se observar quais instalações tendem a permanecer com o mesmo padrão durante o período *pós-retrofit*.

O papel apropriado de uma metodologia de determinação sobre a economia de energia dentro de um contrato de prestação de serviços é deixar claras as suposições e responsabilidades e definir os procedimentos para a determinação da linha de base (condições pré-contratuais). Posteriormente, é realizado o

desenvolvimento de modelos estatísticos utilizando-se informações de faturas mensais de consumo emitidas pela concessionária de energia e médias mensais de temperaturas externas, fornecidas através de uma estação climática. Uma vez desenvolvidos os modelos, é possível usá-los como ferramenta de comparação entre os índices atuais de uso de energia e os valores previstos por cada modelo. Neste contexto, a utilização dos protocolos de medição e verificação (M&V) e as atividades de Comissionamento são de fundamental importância.

2.1.3 Usos Finais

Os modelos dos usos finais se adequam aos propósitos de projeções de eficiência energética, pois é possível considerar mudanças nos níveis de serviço e tecnologia. A demanda de energia para cada atividade é considerada como produto de dois fatores: o nível da atividade e a intensidade do uso energético de cada serviço. O cálculo pode ser representado pela Equação 1 (JANNUZZI, *et al.*, 1997).

$$Uso da Energia = E = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i \times I_i \quad (1)$$

Em que:

- Q_i é a quantidade do serviço de energia i ;
- I_i é a intensidade do uso energético para cada serviço de energia i .

Os usos finais, de acordo com o Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica, são divididos em: 1. Iluminação; 2. Ar Condicionado; 3. Motores Elétricos e Sistemas de Bombeamento; 4. Transporte Vertical; 5. Equipamentos Elétricos em Geral; 6. Alternativas Tecnológicas; 7. Bomba de Calor.

2.1.3.1 Sistemas de Iluminação

Assim como ocorre no Hospital Odontológico da Universidade Federal de Uberlândia (HO-UFU), objeto de estudo deste trabalho é em edificações já existentes. O sistema de iluminação apresenta problemas na adequação aos padrões técnicos previamente definidos. Dentre estes, a iluminação fora dos níveis normalizados, a falta de aproveitamento da luz natural, o uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa, a ausência de manutenção e os hábitos inadequados são as ocorrências mais comuns (MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA, 2004). Para apresentar a redução do consumo de energia elétrica nos sistemas de iluminação, deve-se conhecer alguns termos técnicos relacionados à luminotécnica. Dentre estes:

- a) **Fluxo Luminoso:** representa uma potência luminosa emitida por uma fonte, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz;
- b) **Iluminância:** é o fluxo luminoso (lúmen) incidente em uma superfície por unidade de área (m²);
- c) **Luminância:** relação entre a intensidade de uma fonte de luz em uma direção, e a superfície da fonte projetada segundo essa direção.

$$L = \frac{l}{S \cos\beta} \quad (2)$$

Em que

:

- - L é a Luminância em candela por m² (cd/m²);
- - β é o ângulo de direção;
- - l é a intensidade da fonte de luz (lumens);
- - S é a área da superfície.

- d) **Eficiência Luminosa:** é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em *lumens*, pela potência consumida em *watts*, ou seja, é a quantidade de luz que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 Watt;

- e) **Índice de Reprodução de Cor (IRC):** representa a capacidade de reprodução da cor de um objeto diante de uma fonte luminosa, ou seja, quanto mais alto o IRC, melhor é a fidelidade das cores. A Figura 3 indica o IRC em locais de aplicação.

Figura 3. Índice de reprodução de cor e exemplos de aplicação

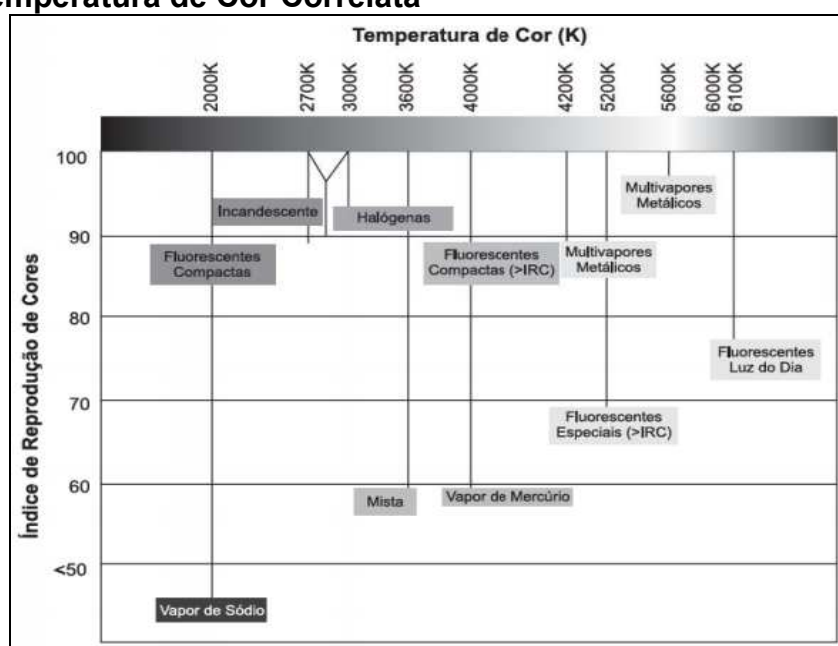
100	EXCELENTE	NÍVEL 1	1a - Ra 90 a 100	Testes de cor, floricultura, escritórios, residências, lojas
	MUITO BOM		1b - Ra 80 a 89	
80	BOM	NÍVEL 2	2a - Ra 70 a 79	Áreas de circulação, escadas, oficinas, ginásios esportivos
	RAZOÁVEL		2b - Ra 60 a 69	
60	REGULAR	NÍVEL 3	Ra 40 a 59	Depósitos, postos de gasolina, pátio de montagem industrial
40	INSUFICIENTE	NÍVEL 4	Ra 20 a 39	Vias de tráfego, canteiros de obras, estacionamentos

Fonte: Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica (2004).

- f) **Temperatura de Cor Correlata:** representa a aparência de cor da luz.

A Figura 4 ilustra a temperatura correlata das lâmpadas.

Figura 4. Temperatura de Cor Correlata



Fonte: Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica (2004).

As lâmpadas fluorescentes tubulares apresentam alta eficiência e longo período útil. Estas apresentam uma eficiência luminosa de até 70 lm/W, temperatura de cor entre 4100K e 6100K e índice de reprodução de cor entre 48% e 78%. As lâmpadas fluorescentes compactas, dentre suas principais características, apresentam um excelente índice de reprodução de cores (em torno de 85%) e geram um menor aquecimento ao ambiente, reduzindo a carga térmica, proporcionando conforto e diminuindo a sobrecarga dos sistemas de ar condicionado (MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA, 2004).

As lâmpadas tubulares LED, as quais apresentam uma diminuição do consumo de energia considerável, que possuem uma eficiência luminosa entre 50 lm/W e 115 lm/W. Para lâmpadas compactas tubulares e tipo bulbo, as maiores eficiências encontradas são 113,7 lm/W e 81,0 lm/W, respectivamente. A temperatura de cor está situada de 3000K a 6500K dependendo do produto, e o índice de reprodução de cores gira em torno de 81%, produzindo um aquecimento comparável ao da lâmpada fluorescente (PESSOA *et al.*, 2013). A Equação 3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa o cálculo da quantidade de luminárias.

$$N = \frac{(E \times C \times L)}{(n \times \emptyset \times U \times F_{pl})} \quad (3)$$

Em que:

- - E é a Iluminância;
- - C é o comprimento do ambiente;
- - L é a largura do ambiente;
- - n é a quantidade de lâmpadas por luminária;
- - \emptyset é o fluxo luminoso da lâmpada, de acordo com a tabela do fabricante;
- - U é o fator de utilização;
- - F_{pl} é o fator de perdas luminosas.

2.1.3.2 Sistemas de Climatização

Os sistemas de ar condicionado representam um grande consumo de energia de uma unidade consumidora. Entretanto, este é importante para atender às condições de conforto ambiental. O estudo deste sistema deve obter equipamentos mais eficientes, com bases em estudos técnico-econômicos, com intuito de prever, facilitar a execução, a manutenção e a certificação dos aparelhos de ar condicionado (MANUAL DE PRÉDIOS EFICIENTES EM ENERGIA ELÉTRICA, 2004).

A principal característica a ser analisada para esse sistema é a verificação da certificação dos equipamentos, buscando obter os mais eficientes, sempre considerando a Relação do Custo-Benefício (RCB). Estes devem manter a temperatura e a qualidade do ar do ambiente em condições adequadas para o desenvolvimento das atividades, visando o conforto do ambiente.

2.1.4 Programa de Certificação de Prédios Eficientes (PROCEL)

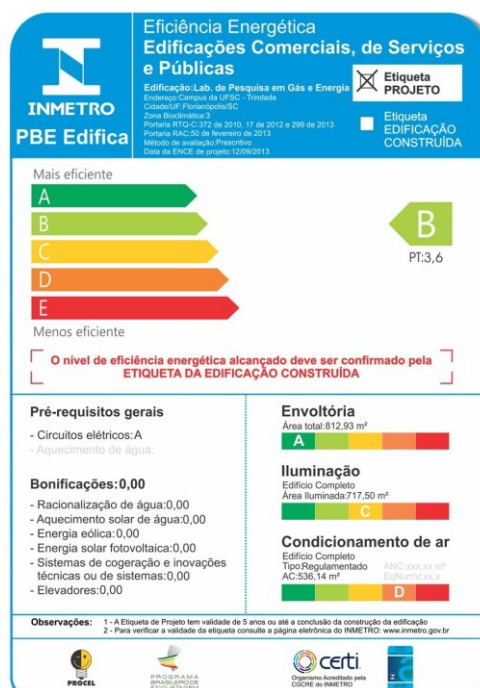
O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do PROCEL é muito conhecido pela população, uma vez que há uma aplicação nos eletrodomésticos e outros equipamentos, tais como as lâmpadas e ar condicionados. Todavia, em 2009, este programa passou a ser aplicável em edificações (prédios públicos, comerciais e de serviços) (BARROS *et al.*, 2010).

O Selo de Conformidade, o qual evidencia o atendimento aos requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos, voltados para edificações eficientes é denominada Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (PBE EDIFICA, 2015).

As edificações podem ser classificadas de A até E, conforme a

Figura 5, considerando a classificação A com o maior nível de eficiência, ou seja, menor consumo, para uma mesma condição de trabalho.

Figura 5. Etiqueta Nacional de Conservação da Energia Geral (ENCE)



Fonte: Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (2015).

A Etiqueta PBE Edifica foi desenvolvida com a parceria entre o INMETRO e a Eletrobrás/PROCEL Edifica. Essas podem ser alcançadas por diferentes unidades consumidoras: 1. Comerciais e de Serviços; 2. Poder Público; 3. Residenciais. As edificações residenciais podem ser subdivididas em três grupos, tais como: unidades habitacionais autônomas, edificações multifamiliares e áreas de uso comum (PBE EDIFICA, 2015).

A certificação de uma unidade consumidora, como prédio público deve atender alguns critérios, os quais são divididos em: 1. Envoltória: representa a fachada, cobertura, e elementos como portas e janelas; 2. Iluminação: condicionada a setorização e distribuição de circuitos; 3. Climatização: representando o gasto relativo ao conforto térmico do prédio, como o uso de ar condicionado.

Estes parâmetros possuem uma limitação percentual para obtenção da classificação geral da edificação: 1. Sistema de Iluminação: 30%; 2. Sistema de condicionamento de ar: 40%; 3. Envoltória: 30%.

O processo de etiquetagem é voluntário, entretanto ele deve ser obrigatório para novos edifícios comerciais e serviços públicos a partir de 2014. Dentre as regras, a edificação deve possuir área útil mínima de 500 m² e/ou tensão de

fornecimento da energia elétrica superior ou igual a 2,3 kV, ou inferior a 2,3 kV atendido pelo sistema subterrâneo e tarifado pelo sistema.

2.1.5 Programa de Eficiência Energética (PEE - CEMIG)

O Programa de Eficiência Energética da CEMIG-D desenvolve projetos de eficiência energética junto às comunidades carentes, escolas, hospitais, entidades beneficentes, órgãos de governo e sistemas públicos voltados para a utilização racional de energia elétrica e de equipamentos eficientes, contribuindo para a preservação dos recursos naturais.

O PEE tem o objetivo de promover a utilização racional da energia elétrica e o combate ao desperdício e contribuir na ampliação da consciência da sociedade sobre o tema, subsidiando o desenvolvimento econômico e social da área em que se atua.

Dentre as vantagens do Programa, cita-se: Redução no consumo de energia por meio de uma utilização mais racional e, conseqüentemente, nas despesas com energia elétrica; Em prédios públicos, hospitais, escolas e delegacias de polícia geralmente a atuação é em sistema de iluminação com o emprego de equipamentos mais eficientes, obtendo-se a modernização tecnológica e aumento da eficiência; Capacitação e sensibilização de professores, alunos e comunidade em suas ações e práticas diárias; e Preservação do meio ambiente e busca por novas tecnologias, voltadas ao uso inteligente e eficiente da energia elétrica.

2.2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Segundo as Resoluções Normativas nº 482 e nº 687 da ANEEL, definiram as regulamentações para a microgeração distribuída, a minigeração distribuída e o sistema de compensação de energia elétrica. O sistema de compensação é definido como um sistema no qual a energia ativa injetada pela unidade consumidora tanto por microgeração distribuída, quanto por minigeração distribuída, é emprestada gratuitamente à concessionária na qual esta faz parte de sua concessão (CEMIG-D). Posteriormente, é realizada a compensação com o consumo de energia elétrica ativa desta mesma unidade consumidora, ou outra que possua o mesmo Cadastro

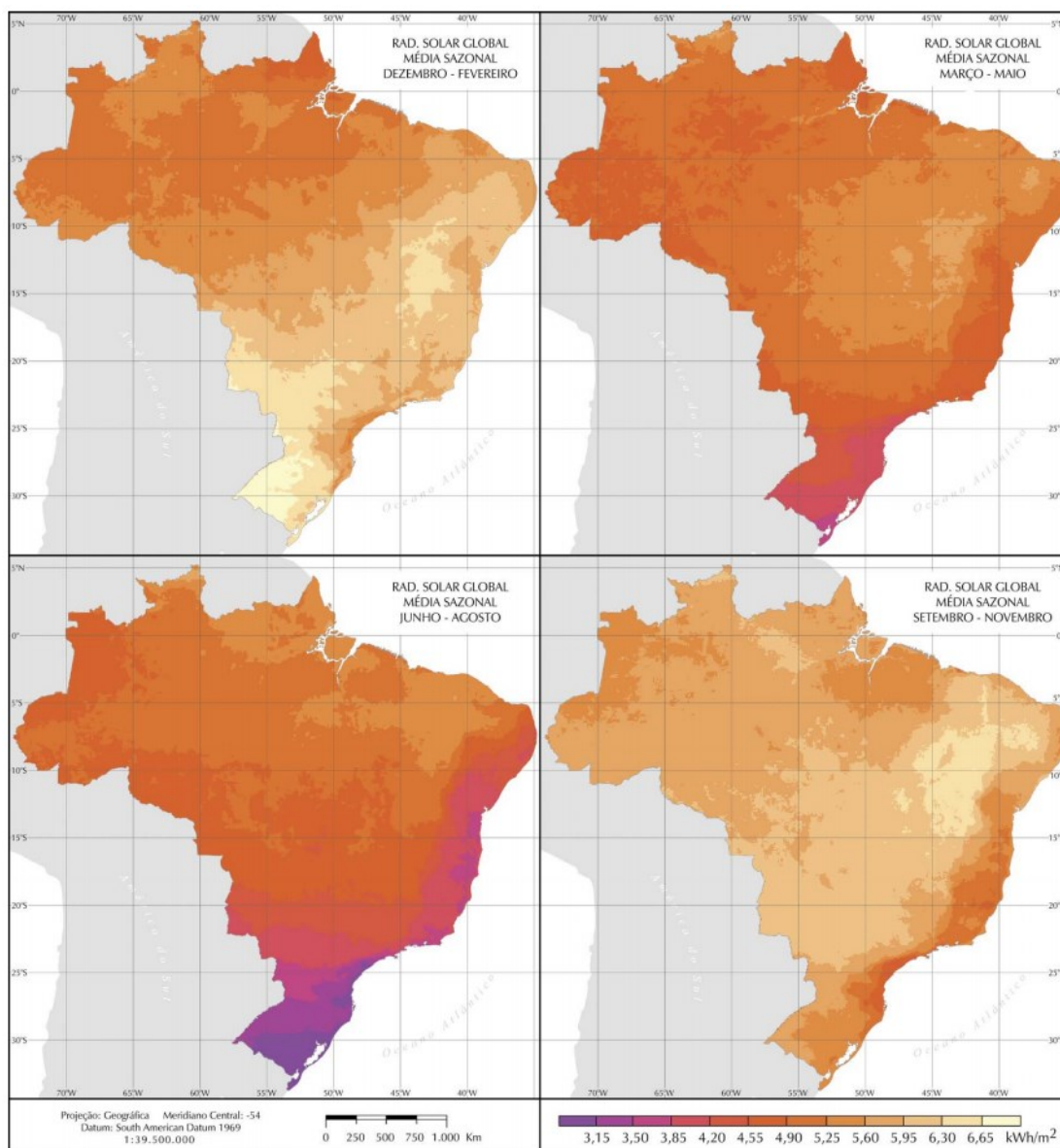
de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda (ANEEL, 2012). O projeto para implantação da usina fotovoltaica do HO-UFU seguiu as diretrizes e exigências do PEE da CEMIG.

2.2.1 Aspectos Conceituais

De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, apesar das diferentes características climáticas no Brasil, a média anual de irradiação apresenta boa uniformidade. A irradiação solar observada em Uberlândia/MG, foi de aproximadamente 5,25 kWh/m². Na Figura 6 podem-se observar as médias sazonais da radiação solar global sobre o território brasileiro.

A região de Uberlândia está situada na Latitude 18°55'11,50" Sul e Longitude 48°15'31,06" Oeste, interior do estado de Minas Gerais e em uma altitude média de 887 metros acima do nível do mar, com temperatura média anual em torno de 22°. Segundo dados do Instituto de Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), Uberlândia está localizado em uma das melhores regiões do país, em termos de potencial para produção de energia elétrica com Irradiação Solar em torno de 1984,5k Wh/m²/ano. Isso significa que para cada WPICO instalado é possível obter cerca de 1,5 kWh/ano.

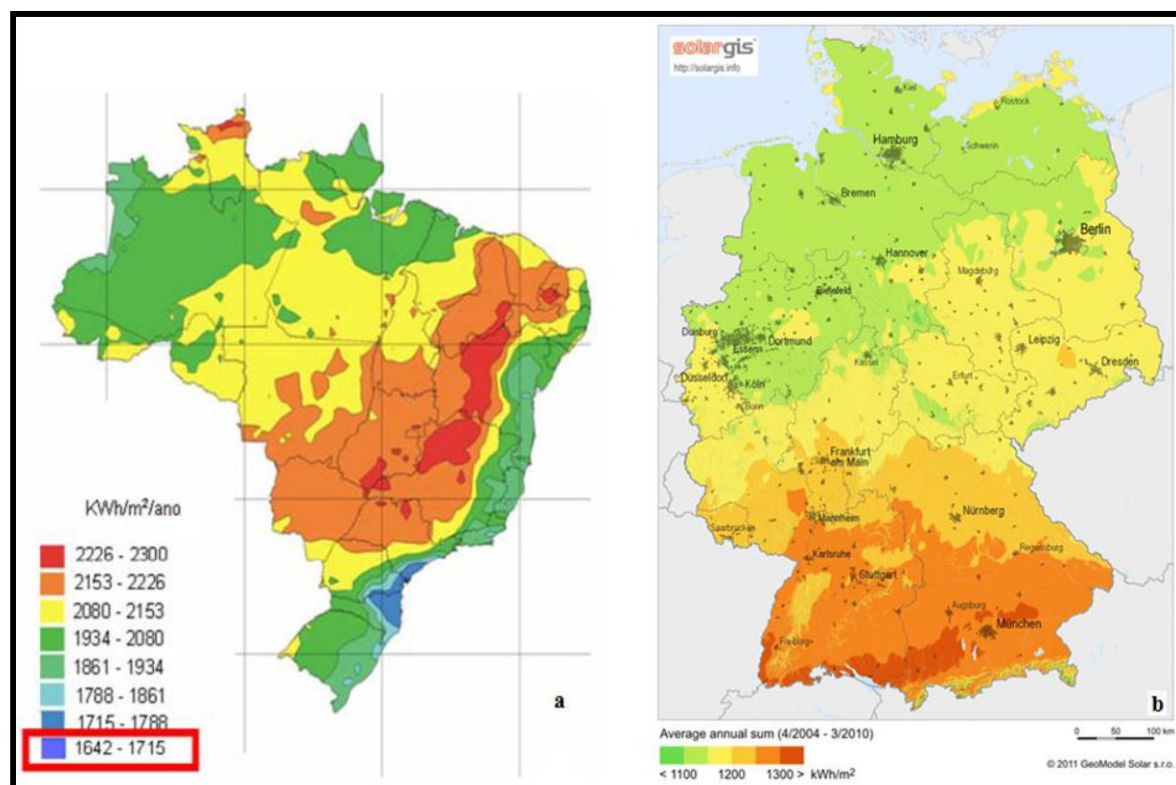
Figura 6. Radiação Solar Global – Médias Sazonais



Fonte: Atlas Solar Brasileiro – INPE (2017).

Salvo nos períodos de inverno do Sul e litoral Sudeste, o Brasil mantém uma amplitude de irradiação solar baixa. Os índices de irradiação solar global em qualquer região brasileira (1500-2500 kWh/m²) são superiores aos da maioria dos países do continente europeu, como a Alemanha (900-1250 kWh/m²) (Ver Figura 7)

Figura 7. Irradiação solar – Brasil (a) / Irradiação solar – Alemanha (b). Média anual da radiação global incidente no plano horizontal



Fonte: Atlas Solar Brasileiro – INPE (2017).

Observa-se na Figura 7 que no Brasil há uma clara vantagem sobre a Alemanha, em se tratando de níveis de radiação solar. Porém, mesmo apresentando melhores condições climatológicas, o país não apresenta grande representatividade no mercado solar global.

2.3 MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

Medição e Verificação (M&V) é o processo de planejamento, medição, coleta e análise de dados com a finalidade de verificar e relatar a poupança de energia em uma instalação individual resultante da implementação de medidas de conservação de energia. A poupança não pode ser medida diretamente, uma vez que representam a ausência de uso de energia. Em contraposto, a poupança é determinada comparando o uso medido antes e após da implementação de um

projeto, fazendo ajustes adequados para mudanças nas condições. As atividades de M&V consistem em alguns ou todos os seguintes:

- Calibração e manutenção da instalação do medidor;
- Coleta e triagem de dados;
- Desenvolvimento de um método computacional e estimativas aceitáveis;
- Cálculos com dados medidos e;
- Relatórios, garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

Quando há pouca dúvida sobre o resultado de um projeto, ou não há necessidade de comprovar os resultados para outra parte, a aplicação dos métodos M&V utilizado para calcular a poupança, pode não ser necessário. No entanto, ainda é aconselhável verificar (inicialmente e repetidamente) que o equipamento instalado é capaz de produzir as economias esperadas, do potencial de obtenção de poupança é referida como verificação operacional, que pode envolver inspeção, comissionamento de equipamentos, e testes de desempenho funcional. O M&V aderente ao Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) inclui tanto a verificação operacional, como a contabilização da economia com base nas medições de energia do local antes e depois da implementação de um projeto e ajustes.

A M&V não é apenas uma coleção de tarefas realizadas para ajudar um projeto a atender aos requisitos do PIMVP. Cada tarefa de M&V serve para melhorar a operação e manutenção de economia. As atividades de M&V se sobrepõem com outros esforços do projeto (por exemplo, coletar dados para identificar medidas de conservação de energia e estabelecer linhas de base de energia, comissionamento e verificação operacional de medidas de conservação de energia e instalação de sistemas de monitoramento para rastrear e manter a poupança de energia). Identificar essas sinergias de projeto e estabelecer os papéis e responsabilidades das partes envolvidas durante o planejamento do projeto apoiará um esforço coordenado da equipe. Isso pode alavancar escopos complementares e controlar os custos relacionados a M&V.

2.3.1. Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP)

Os Protocolos de Medição e Verificação (M&V) são utilizados como guia na realização dos serviços de eficiência energética. Eles apresentam um elenco de metodologias e procedimentos para quantificar os ganhos alcançados pelas medidas contratadas num *retrofit*. Orientam as partes sobre fatores na escolha da metodologia mais adequada, na alocação e gestão de riscos, na investigação e resolução de desentendimentos, e outros aspectos importantes na relação entre comprador e vendedor, que são relevantes à determinação dos resultados alcançados.

Nos anos 1980 na América do Norte surgiram várias tentativas de normalizar as metodologias de M&V. Inicialmente, existiam muitas divergências entre as abordagens de medição e verificação. A partir do ano de 1994 começaram a surgir medidas mais eficazes de harmonização, envolvendo a cooperação entre agências de governo, especialistas nas indústrias de energia e profissionais ligados à eficiência energética dos Estados Unidos, Canadá e México. Destas medidas resultou a publicação do *North American Energy Measurement and Verification Protocol* (NEMVP) em março de 1996.

Esta primeira versão foi modificada e expandida com uma participação internacional mais ampla para produzir a versão atual, o PIMVP, publicada em novembro de 1997. Outro protocolo importante é o *Federal Energy Management Program* (FEMP). Sua primeira publicação foi em 1996 e a versão mais atual é de janeiro de 1999. Este protocolo foi estabelecido para reduzir os custos de energia aplicada pelo governo ao operar as instalações federais com mais eficiência. As diretrizes do FEMP para M&V são em grande parte coincidentes com as do PIMVP, focalizando os projetos do setor federal. Ambos protocolos foram patrocinados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) quase que ao mesmo tempo. Contudo, não há conflito entre eles, pois foram elaborados para diferentes propósitos e públicos distintos (SCHILLER; KROMER, 1998).

3 METODOLOGIA

A partir do exposto, compreendendo os fatores que envolvem a regulamentação do Programa de Eficiência Energética no Brasil, o capítulo a seguir descreve o caminho metodológico percorrido para desenvolvimento desta pesquisa.

3.1 OPÇÕES BÁSICAS DOS PROTOCOLOS

Os protocolos vão definir a M&V, nesse caso tem-se quatro opções básicas (A, B, C e D). Neste sentido, existirá a permissão de flexibilidade no custo total e no método de avaliação da economia. O custo de implementação e a precisão, serão determinadas pela escolha da opção, por isso a importância de seu estudo, mesmo sabendo que os métodos utilizados para determinar as economias são estimados.

Com intuito de satisfazer as necessidades de diversos contratos que utilizam da economia para chegar a um financiamento de recursos utilizados para a resolução de serviços é essencial descobrir as limitações, assim como a capacidade de cada um dos métodos descritos.

3.1.1 Opção A: Abordagem do consumo estipulado e verificação apenas de potencial de economia.

Trata-se de estipular a economia, partindo do viés da resolução da verificação e dos cálculos de engenharia, ou seja, a opção A é a verificação planejada, em que o potencial necessita ser verificado, para realização da economia. As cargas individuais ou sistemas específicos em um prédio são exemplos da aplicação, pois é preciso que as condições de linha de base, como sistema de iluminação, e as horas de operação não sofram mudanças importantes.

A exatidão desta Opção é inversamente proporcional à complexidade da medida. Segundo PIMVP (1997), a Opção A envolve procedimentos para verificar se:

- As condições de contrato foram definidas apropriadamente;

- Os equipamentos e/ou sistemas contratados para serem instalados já o foram realmente;
- Os equipamentos/sistemas estão dentro das especificações do contrato em termos de quantidade, qualidade e categoria;
- Os equipamentos instalados estão operando com o desempenho de acordo com as especificações de contrato e todos os testes de funcionamento;
- Os equipamentos/sistemas instalados continuam, durante o período do contrato, dentro das especificações do contrato em termos de quantidade, qualidade, categoria, desempenho operacional e funcional.

3.1.2 Opção B: Abordagem do Consumo Medido

Nesta Opção, pode-se observar a ocorrência de medição contínua do desempenho de longo prazo. Com intuito de determinar o desempenho, é necessário monitorar as cargas individuais. Para determinar as economias, comparar-se-á o desempenho juntamente com as condições da linha de base.

Será necessário a utilização do uso de medições a longo prazo de uma ou mais variáveis, para estabelecer vire método e se empregue a esta opção. A semelhança entre esta opção e a opção A são os procedimentos de verificação do potencial de gerar economia. Na Opção B é recomenda-se a utilização de medida a longo prazo, para compensar as oscilações de operação que ocorrem durante um extenso período, desta forma, pode-se perceber uma aproximação das economias calculadas das reais. A depender de quantos sistemas foram medidos, estima-se que os custos possam variar entre 3% a 10% do custo do projeto de *retrofit* (INEE, 1997).

3.1.3 Opção C: Abordagem do Medidor Geral

Calculando as economias e os dados de medição da concessionara de energia, apontando ao longo do período de contrato de desempenho, para se encontrar o enfoque da verificação de consumo global de energia, que é o objetivo de abordagem desta Opção.

Um exemplo de aplicação deste método, é a sua utilização em situações de modernização global do prédio, neste prisma, tem-se a Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCO), como responsável pelo desempenho do prédio com um todo. Nestes aspectos, temos as informações básicas para os cálculos:

- As datas de leituras das faturas;
- As informações das temperaturas médias diárias (geralmente obtidas de estações climáticas em aeroportos);
- A quantidade de energia consumida durante cada período entre leituras (PIMVP, 1997).

Para projetos, em que se obteve a economia maior que 10% no valor da fatura mensal, esta é a Opção ideal, ou então em situações que estude projeto de menor porte, reduzido recurso financeiro que não justificam a instalação de medida específica.

3.1.4 Opção D: Abordagem da Simulação Calibrada

Para que ocorra a escolha desta Opção, é necessário o uso de ferramenta computacional, pois deverá simular através de modelos, o uso total da energia em conformidade com cada uma das medidas de conservação da instalação predial. Serão calibrados os modelos, durante o uso real no período de linha de base. Após calibrados, deverão ser ajustados, para que apresente as modificações nas medidas de comparação na operação, decorrentes da conservação implementada. Com isso, a partir da distinção entre simulações da linha de base e do pós AEE, as economias serão definidas. Estudando a partir do IPMVP (1997) as variáveis de entrada mais influentes nos resultados das simulações são: Cargas de tomadas e Iluminação; Umidade e temperatura interna; Cargas de ventilação e infiltração; Envelope e caracterização da massa térmica; Cargas de ocupação.

Portanto, percebe-se que esta Opção será selecionada nos casos de componentes separados ou para todo o prédio. A economia esperada, gira em torno de 10%, com ônus de 3% a 10% do valor do projeto *retrofit* (INEE, 1997).

3.2 COLETA, TRATAMENTO E ESCOLHA DA OPÇÃO (PIMVP)

Quando são utilizadas técnicas de medições isoladas de ações corretivas, devem ser considerados todas as Medidas Individuais de Racionalização de Energia (MRE) incluindo efeito interativos. Neste trabalho, é necessário um período de relatório mais longo e necessitam de atenção em uma possível mudança nas variáveis independentes. Um monitoramento cuidadoso e uma atividade maior nas medições pré Ação de Eficiência Energética (AEE) ajudam a identificar a mudança no período de referência.

Presente diversos protocolos em dinâmica evolução que dizem respeito à: Tecnologia da medição; Relações contratuais entre comprador (setor público e privado), vendedor e financiador; diversas interfaces entre o uso da energia e da água e os impactos ambientais.

A M&V representa a diversidade dos campos de normalização e com isso ocasiona o alcance e ramificação da grande inovação. O Instituto Nacional de Eficiência Energética em um relatório sobre medição e verificação de economia de energia no Brasil (INEE, 1997) propõe a prática de abordagens de complexidade gradual, para introduzir inicialmente, alternativas simples e de fácil aplicação, atentando as exigência do mercado, com o intuito de ser mais abrangente e obter maior precisão nos resultados, já que no Brasil ainda não existe nenhum protocolo publicado.

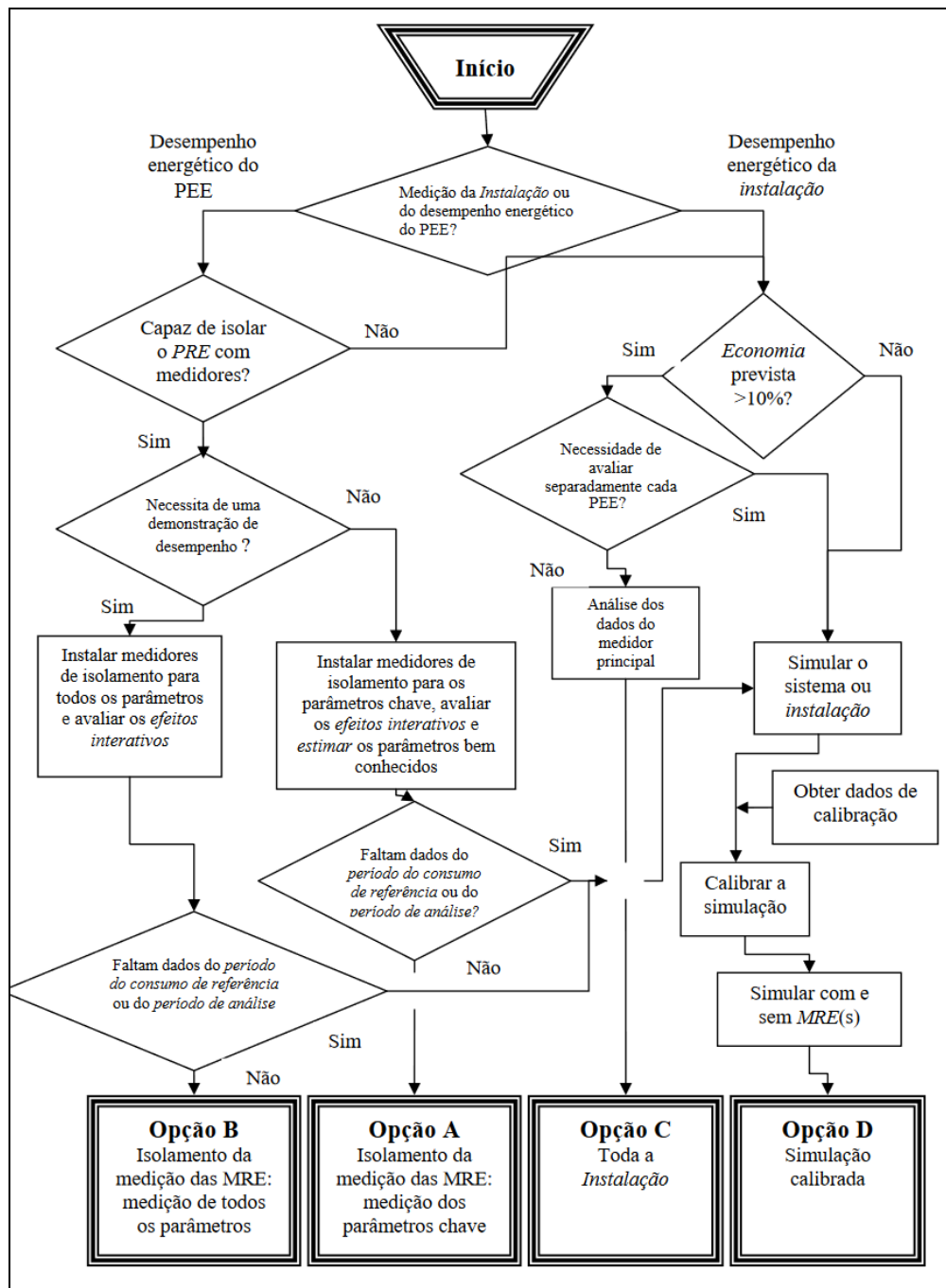
É necessário a garantia de satisfação em ambos os lados do negócio, tanto o prestador de serviços como o cliente. Ao prestador de serviço, de suma importância a atenção relativo a confecção do contrato, nele deve conter a metodologia de cálculo da linha de base de forma acordado e confiável.

Conforme o PIMVP (2007) descreve, selecionar uma opção do protocolo é uma decisão técnica na concepção do programa baseada no conjunto de condições de cada projeto. A Figura 8 descreve uma lógica comumente usada na seleção da melhor opção.

De acordo com o próprio PIMVP (2007): "É impossível generalizar acerca da melhor opção de PIMVP para qualquer tipo de situação. No entanto, algumas

características chave do projeto sugerem opções frequentemente mais favorecidas” (Exemplo na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 8. Processo de seleção da opção PIMVP



Fonte: PIMVP (2007).

Figura 9 Opções do PIMVP sugeridas

Características da MRE do projeto	Opção sugerida			
	A	B	C	D
Necessidade de avaliar individualmente as MREs	X	X		X
Necessidade de avaliar apenas o desempenho energético de toda a instalação			X	X
<i>Economia</i> prevista inferior a 10% do medidor da concessionária	X	X		X
Múltiplas MREs	X		X	X
A importância de algumas variáveis de <i>energia</i> não é clara		X	X	X
Os <i>efeitos interativos</i> da MRE são significativos ou não podem ser medidos			X	X
Muitas alterações futuras previstas dentro do <i>limite de medição</i>	X			X
É necessária uma avaliação do desempenho energético a longo prazo	X		X	
Dados do período de referência indisponíveis				X
Pessoal sem formação técnica devem compreender os relatórios	X	X	X	
Competência de contagem disponíveis	X	X		
Competências de simulação por computador disponíveis				X
Experiência de leitura das faturas de energia de empresas comercializadoras de energia e realização de análise de regressão disponíveis			X	

Fonte: PIMVP (2007).

Conforme se percebe na Opção C, as variáveis mais importantes mostram o consumo mensal de energia e a temperatura externa de bulbo seco, isto é, em

decorrência do baixo custo e da facilidade na obtenção das informações sobre as variáveis citadas. Além de sua recomendação presente neste documento.

3.2.1 Opção C: Toda a instalação

Conforme o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance explica (2012, p. 45):

Toda instalação implica a utilização de medidores da concessionária, medidores de toda a instalação, ou submedidores, para avaliar o desempenho energético de toda a instalação. A fronteira de medição inclui toda a instalação ou grande parte desta. Esta Opção determina a economia coletiva de todas as AEEs aplicadas à parte da instalação monitorada pelo medidor de energia. Além disso, uma vez que são usados os medidores de toda a instalação, a economia reportada com a Opção C inclui os efeitos positivos ou negativos de todas as alterações feitas na instalação, não relacionadas com a AEE.

Esta opção será destinada aos casos em que a economia esperada seja significativa. Quando comparamos com as oscilações de energia aleatórias ou inexplicáveis que tem a possibilidade de acontecer em todos os níveis de instalação. Deverá ser fácil perceber a economia nos casos em que ao comparar as variações nos dados da linha de base. Ou mesmo, nos casos em que quanto maior for o período de determinação da economia, após a AEE, o impacto das variações inexplicáveis a curto prazo será irrelevante.

Percebe-se que o principal desafio desta Opção, é identificar as mudanças na instalação que necessitam reparos que não fazem parte da rotina, nos casos em que a economia é monitorada por períodos longos. É necessário e importante a manutenção regular em todos os equipamentos e nas instalações pelo período de determinação da economia. Para garantir que os métodos de funcionamento preestabelecidos continuem sendo respeitados, é importante que as inspeções apontem as modificações nos fatores estáticos das condições da linha de base.

3.2.2 Opção C: Aspectos relativos aos dados de energia

Submedidores são utilizados em cada instalação individual ou em grupo, para os quais o desempenho energético individual é estudado, nos fornecimentos da concessionária, e é calculado em um ponto central de um grupo de instalações. Para obter o resultado de um tipo de energia em uma instalação, pode-se utilizar de diversos medidores. No caso de algum desse medidor, que fornece energia a um sistema e ele age mutuamente com outros sistemas, de forma direta ou indireta, os resultados deste medidor serão integrados na determinação da economia de todo o projeto. Nos casos em que o medidor repertoriar fluxos de energia não-interativos com os fluxos em que se aplique a AEE, poderão ser dispensados. Como por exemplo, os casos dos circuitos de iluminação exterior medido separadamente.

Conforme explica, o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (2012, p. 45):

É necessário determinar a economia separadamente para cada medidor ou submedidor que servem uma instalação, de modo que as mudanças no desempenho energético possam ser avaliadas para as partes da instalação medidas separadamente. No entanto, quando um medidor mede apenas uma pequena fração do consumo total de um tipo de energia, ele pode ser totalizado com os medidores maiores para reduzir as tarefas de gestão de dados. Quando os medidores elétricos são combinados desta forma, deve-se reconhecer que medidores de pequeno consumo não têm muitas vezes dados de demanda, o que faz com que os dados totalizados de consumo já não forneçam informação significativa sobre o fator de carga.

Como observa o protocolo, quando ocorrer a medição de mais de um medidor em dias separados, então cada medidor que tenha um período de faturamento único, deve ser analisado individualmente. Entretanto, a economia observada, poderá ser combinada, desde que informe as datas. Para suprir uma eventual falta de quaisquer que sejam os dados de energia do período de economia, podendo resolver com a criação de um modelo matemático do período de determinação da economia. Para isso, é importante que seja reportada tal falta.

3.2.3 Opção C: Aspectos relativos às faturas de energia

Conforme apresentado no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (2012, p. 46):

Os dados de energia para a Opção C provêm muitas vezes dos medidores da concessionária, seja através da leitura direta do medidor, seja a partir das faturas da concessionária. Quando as contas da concessionária constituem a origem dos dados, devesse reconhecer que a necessidade da concessionária de leituras regulares do medidor não é habitualmente tão grande quanto as necessidades requeridas pela M&V. Por vezes as contas da concessionária contêm dados estimados, especialmente em contas pequenas. Outras vezes não pode ser determinado a partir da própria conta se os dados foram estimados ou foram resultado da leitura do medidor. Leituras de medidores estimadas não reportadas criam erros desconhecidos para os meses estimados, e também para o mês seguinte à leitura real do medidor. No entanto, a primeira fatura com leitura real após uma ou mais estimativas vai corrigir os erros anteriores das quantidades de energia. Os relatórios de economia devem indicar quando as estimativas fazem parte dos dados da concessionária.

Neste aspecto, não haverá resultados válidos para a demanda de energia elétrica, no período em que a concessionária estipula a leitura de um medidor.

3.2.4 Opção C: Variáveis independentes

As variáveis independentes nada mais são do que os parâmetros que alteram de forma regular e que afetam o consumo de energia de instalação. As mais comuns são o clima, o volume de produção e a ocupação. Este primeiro tem oscilações, mas o importante a ser observado é a temperatura exterior, que deve ser medida nos termômetros de bulbo seco. Já a produção apresenta muitos aspectos, que irão depender das características do processo industrial, que se manifestará em unidades de massa ou volumétricas de cada produto. Por último, a ocupação é observada de diversas formas, como por exemplo a ocupação de um quarto de hotel, as horas de movimento em um edifício comercial, levando em consideração os horários e dias de ocupação. No Protocolo citado, pode-se perceber a modelagem matemática (2012, p. 47):

A modelagem matemática poderá avaliar variáveis independentes se estas forem cíclicas. A análise de regressão e outras formas de modelagem matemática podem determinar o número de variáveis independentes a considerar nos dados da linha de base (ver Anexo B-2). Os parâmetros que têm efeito significativo no consumo da linha de base devem ser incluídos nos ajustes de rotina durante a determinação da economia¹², usando-se a Equação 1a), b) ou c). As variáveis independentes devem ser medidas e

registradas ao mesmo tempo que os dados de energia. Por exemplo, os dados do clima devem ser registrados diariamente a fim de que possam ser totalizados para corresponder ao período mensal de medição de energia exato, o qual pode diferir do mês do calendário. A utilização de dados mensais médios da temperatura, para um período de medição de energia de um mês que não corresponda ao do calendário, introduz erros desnecessários na análise.

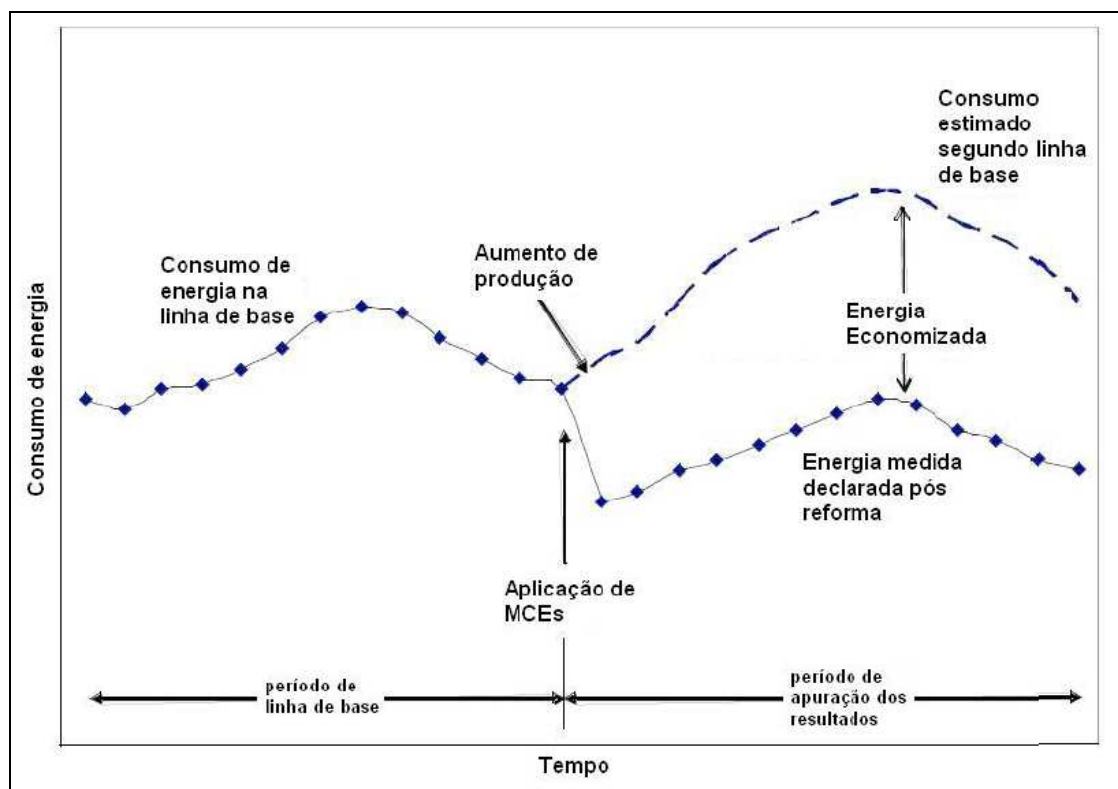
Os modelos de linha de base armazenam a base de dados com as características de consumo da instalação. Este modelo apresenta uma forma de armazenamento de informação sobre o padrão de consumo. Os modelos de referência podem ter características de consumo de um conjunto de instalações de um mesmo tipo. Estes modelos representam informação de reportagem em relação à qual se mede o desempenho da eficiência.

Um exemplo da determinação da economia através da linha de base é mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada**. Antes da implantação da Ação de Eficiência Energética (AEE), deve ser realizada a medição do histórico de consumo para avaliação da linha de base. Após a implementação da AEE, a relação da linha de base é utilizada para calcular a quantidade de energia que a edificação teria utilizado se não houvesse sido feita a AEE. A economia ou consumo de energia medida no período da determinação. Se esse ajuste na linha de base com as variáveis independentes, a economia não teria um valor próximo ao real, fornecendo assim, uma informação errada acerca das reais economias feitas com a AEE.

Ressalta-se que esta deve ser a primeira atividade da fase de Execução, antes da implementação das ações de eficiência energética propriamente ditas. Devem ser instalados os medidores e recolhidos os dados da energia (e/ou variáveis dependentes – potência, demanda, tempo de funcionamento, FCP) e das variáveis independentes, perfeitamente sincronizados. Levantar também os fatores estáticos e dados necessários à estimativa dos efeitos interativos, se for o caso.

A Figura 10 exemplifica um histórico para determinação de energia economizada.

Figura 10. Exemplo de histórico para determinação de energia economizada



Fonte: EVO (2007, p. 12).

Geralmente, na fase do diagnóstico energético são feitas medições para apoiar a avaliação *ex ante* e a análise de viabilidade da AEE. Estas medições, em geral, não são feitas com o rigor nem abrangência necessários para se constituírem em dados do período da linha de base.

3.2.5 Opção C: Cálculos e modelos matemáticos

O cálculo das economias em *retrofits* utilizando o faturamento da concessionária é realizado através do uso de modelos estatísticos. Modelos mais simples podem ser calculados pela regressão estatística dos dados de consumo mensal correlacionados com as temperaturas externas médias do período de faturamento.

Os coeficientes usados na avaliação da representatividade e qualidade dos modelos são: o coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente de variação (CV). Enquanto R^2 é o índice estatístico usado quando o objetivo primário é avaliar como

os dados se ajustam no modelo, o CV é normalmente mais apropriado quando este modelo é subsequentemente usado para se determinar os valores da economia de energia. O índice CV representa a variação entre os dados não explicados pelo modelo, normalizado através do valor médio da variável dependente, o R^2 pode ser interpretado como a fração de variação entre a variável dependente Y (consumo de eletricidade e consumo de gás natural, por exemplo) em torno de um valor médio que é explicado através do modelo.

O coeficiente R^2 pode atingir o valor máximo de 1,0. $R^2 = 0,9$ indica que 90% da variação de Y em torno de um valor médio é explicado pelo modelo (REDDY et al. 1997a; REDDY; CLARIDGE 2000). As fórmulas para o cálculo do R^2 e CV são:

$$R^2 = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{pred,i} - Y_{data,i})^2}{\sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{data} - Y_{data,i})^2} \right) \quad \text{e} \quad CV = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{pred,i} - Y_{data,i})^2}}{\frac{(n-p)}{\bar{Y}_{data}}} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

- $Y_{data,i}$ - valores da variável dependente correspondendo a um conjunto de variáveis independentes;
- $Y_{pred,i}$ - valores preditos da variável dependente, para o mesmo conjunto de variáveis independentes identificados acima;
- \bar{Y}_{data} - valor médio da variável dependente;
- n - quantidade total de pontos;
- p - número de parâmetros da regressão no modelo.

Quando os modelos mais simples não se ajustam de forma satisfatória com os dados de um determinado exemplo, isto é, não se obtêm valores significativos para os coeficientes R^2 e CV, deve-se tentar ajustá-los a modelos com descontinuidades (pontos de mudança). Isto ocorre quando um período do ano a variação de temperatura externa não influencia no consumo de energia e a partir de um determinado mês, ela começa a influenciar. Os pontos de mudança estão

associados a uma determinada temperatura de referência, que separa os dois períodos diferentes (ASHRAE, 1997). São exemplos de mecanismos que controlam o funcionamento desses sistemas: termostatos em residências, controle de operação em sistemas Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC), ciclos economizadores em edifícios comerciais (REDDY et al., 1997a).

Um importante aspecto na identificação de modelos estatísticos de consumo de energia para o desenvolvimento de uma linha de base é a escolha da variável independente (regressor), e a forma funcional de cada modelo. A temperatura externa de bulbo seco tem sido reconhecida como a variável regressora de maior importância, especialmente em escalas mensais de tempo (REDDY et al., 1997a).

Os modelos de regressão são divididos em duas classes. Uma delas, é baseada no índice *Variable Base Degree Days* (VBDD), onde o efeito da temperatura externa é incorporado na variação de *Graus-dia* (variável calculada em função das diferenças entre as temperaturas externas e uma temperatura base referencial). A outra classe é baseada em Médias Mensais de Temperatura (MMT). Ambos modelos possuem tipos similares de parâmetros não lineares: temperaturas base para os modelos VBDD, e descontinuidades (pontos de mudança) para os modelos MMT (ASHRAE, 1997).

3.2.6 Opção C: Medição

A medição irá ocorrer pelos próprios medidores da empresa de energia local, e é feita em toda a instalação, neste aspecto, deverá ser considerado 100% de precisão, para que sejam determinadores da economia, uma vez que elas estipulam o valor do pagamento de energia.

Segundo estabelece o Protocolo Internacional, os medidores das concessionárias podem estar equipados ou serem modificados, com o intuito de oferecer uma saída de impulso elétrico e registrada através de um equipamento de monitoramento da instalação. Neste aspecto, o transmissor de impulso deverá ser calibrado, com uma referência conhecida, de forma que os dados sejam parecidos com os registrados pelo medidor da concessionária. Necessário e imprescindível que o medidor instalado individualmente, respeite o Plano de M&V, em conformidade com as leituras realizadas pelo medidor da concessionária.

3.2.7 Opção C: Custo

Nesta Opção, não existe a necessidade de nenhum custo extra de medição, pois, ele irá depender da origem dos dados de energia. Além disso, levará em consideração a dificuldade de localizar fatores estáticos dentro da fronteira de medição, para que não ocorra os ajustes de rotina pelo período de determinação da economia. Os dados do medidor devem ser registrados de forma correta, por isso é imprescindível que o medidor da empresa de fornecimento de energia ou um submedidor que funcione bem, dispensando um custo extra de medição. Conforme citado no Protocolo Internacional, o custo da localização de alterações nos fatores estáticos depende do tamanho da instalação, da probabilidade de alteração dos fatores estáticos; da dificuldade em detectar as alterações e dos procedimentos de vigilância já existentes.

3.2.8 Opção C: melhores aplicações

De acordo com o apresentado pelo Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (2012, p. 48) a Opção C aplica-se melhor onde:

O desempenho energético de toda a instalação será avaliado, não apenas o das AEEs; Existem muitos tipos de AEEs em uma instalação; As AEEs implicam atividades cujo consumo individual de energia é difícil de medir separadamente (formação do operador, melhoramento das paredes ou janelas, por exemplo); A economia é grande, comparada com a variação dos dados da linha de base, durante o período de determinação da economia (ver Anexo B-1.2); As técnicas de medição isoladas de AEE (Opção A ou B) são excessivamente complexas. Por exemplo, quando efeitos interativos ou interações entre AEEs são substanciais; Não são previstas grandes mudanças futuras na instalação durante o período de determinação da economia; Um sistema de acompanhamento dos fatores estáticos pode ser estabelecido para efetuar possíveis ajustes futuros. Podem-se encontrar correlações razoáveis entre o consumo de energia e outras variáveis independentes.

4 DIAGNÓSTICO

4.1 APRESENTAÇÃO DO CONSUMIDOR

A Universidade Federal de Uberlândia iniciou suas atividades nos anos de 1950, ocasião em que a cidade inicia o ensino superior com a chegada de cursos de graduação isolados ou de faculdades isoladas, cujas entidades mantenedoras eram famílias, instituições religiosas e comunitárias.

Foram instituídos: o curso de Música (1957), a Faculdade de Direito (1959), a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (1960), a Faculdade de Ciências Econômicas (1963), a Faculdade Federal de Engenharia, esta pública (criada por lei em 1961 (com início em 1965), e a Escola de Medicina (com início em 1968).

Posteriormente, decidiu-se que seriam integradas à Universidade de Uberlândia as 5 escolas existentes e a Escola de Medicina. Em 14 de agosto de 1969, pelo Decreto-Lei n.º 762, foi criada a Universidade de Uberlândia (UnU). A ação seguinte rumo à federalização foi a adaptação do estatuto da UnU à Reforma Universitária de 1968 (Lei n.º 5.540), que resultou na criação de departamentos e centros de áreas em substituição às escolas e faculdades. Finalmente, em 24 de maio de 1978, foi sancionada a Lei n.º 6.532, que transformava a UnU em Fundação Universidade Federal de Uberlândia. O projeto de federalização da UFU passou a consolidar a nova organização em departamentos e 3 Centros: Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC); Ciências Humanas, Letras e Artes (CEHAR); e Ciências Biomédicas (CEBIM).

Nos anos de 1980, a UFU passou a ser uma referência regional em excelência educacional. A aprovação em 1998, do novo Estatuto e, em 1999, do Regimento Geral alterou a organização e a dinâmica de funcionamento institucional, especialmente pela criação de Unidades Acadêmicas. No início de 2013 foram 32 unidades acadêmicas com 68 cursos de graduação, 37 programas de pós-graduação que oferecem 33 cursos de mestrado acadêmico, 04 cursos de mestrado profissional e 19 cursos de doutorado, atuando em diversos campi, distribuídos nas cidades de Uberlândia, Ituiutaba, Patos de Minas e Monte Carmelo.

O campus Umuarama se dá por estar localizado no bairro de mesmo nome, margeado pelas avenidas Pará e Mato Grosso, em uma área de 170.555 m². Nele estão edificadas as unidades administrativas, e acadêmicas dos cursos da área

médica, psicologia e Escola Técnica de Saúde, além dos hospitais Universitário, Veterinário e Odontológico.

O Hospital Odontológico tem por objetivo executar atividades assistenciais à saúde, prestadas à comunidade em geral, via Sistema Único de Saúde (SUS). Hoje, além das ações básicas em odontologia, o HO-UFU é o centro de referência regional para os níveis de complexidade média III e a alta complexidade.

Tabela 1. Dados do engenheiro responsável pelas instalações do Bloco 4L

Razão Social	Universidade Federal de Uberlândia
CNPJ	25.648.387-0001/18
Endereço	Avenida João Naves de Ávila, 2121 Campus Santa Mônica Bloco 3P - Reitoria 38400-902
Cidade	Uberlândia
Estado	Minas Gerais
Responsável pela proposta	Marcio Henrique Bassi
Telefone de contato	34 99971 1641
e-mail	bassi@ufu.br
possui fins lucrativos?	Não
Ramo de atividade	Educação Superior

Fonte: Elaboração própria.

4.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Tabela 2. Dados responsável do Diagnóstico Energético

Razão Social	Universidade Federal de Uberlândia
CNPJ	25.648.387-0001/18
Endereço	Avenida João Naves de Ávila, 2121 Campus Santa Mônica Bloco 3P - Reitoria 38400-902
Cidade	Uberlândia
Estado	Minas Gerais
Responsável pela proposta	Luiz Carlos Gomes Freitas
Telefone de contato	34 3239-4767
e-mail	lcfgreitas@ufu.br
Ramo de atividade	Educação Superior

Fonte: Elaboração própria.

4.3 OBJETIVOS

O relatório, referido no neste capítulo, apresenta o Diagnóstico Energético do Hospital Odontológico da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O Diagnóstico foi realizado por alunos e professores do Núcleo de Pesquisa em Eletrônica de Potência (NUPEP) da Faculdade de Engenharia Elétrica (FEELT) em parceria com a Prefeitura Universitária (PREFE).

Entre seus objetivos, destacam-se:

- Estudo de viabilidade de troca de ar condicionado, iluminação e instalação de uma usina fotovoltaica de 130kWp
- Evitar o acréscimo da demanda junto à CEMIG, conseqüentemente, evitar gastos com melhoria de rede;
- Reduzir a potência ativa nos horários de ponta e fora de ponta para que não ultrapassem as demandas contratadas;
- Certificação ambiental das unidades da instituição;
- Dar visibilidade à universidade, à cidade de Uberlândia e à CEMIG como referência de sustentabilidade;
- Benesses para o processo de ensino/aprendizagem em várias áreas da UFU.
- Contribuir com a redução do consumo do Hospital Odontológico da conta de energia da UFU;

4.4 ESTIMATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS USOS FINAIS DA ENERGIA ELÉTRICA

A unidade consumidora opera de 2^a a 6^a feira, das 7h às 20h e aos sábados das 7h às 12h. Em 2016, o período letivo tem início no dia 29 de fevereiro à 2 de

julho e 8 de agosto à 17 de dezembro, totalizando 205 dias letivos. A Figura 11 ilustra o bloco 4L da Faculdade de Odontologia.

Figura 11. Bloco 4L HO-UFU



Fonte: Elaboração própria.

A instalação conta com uma subestação de energia elétrica com entrada em 13.8kV e um prédio com 3 andares, laboratórios, salas de professores, salas administrativas e salas de aulas. A unidade consumidora beneficiada será: - N° de instalação: 3011794339; - Subgrupo tarifário: THS Verde A4. Os dados de identificação da unidade consumidora são representados pela Tabela 3.

Tabela 3. Dados unidade consumidora

Nome	ODONTO - UFU
Número da instalação (CEMIG)	3011794339
Nível de tensão	13.800V
Horário de funcionamento	2ª a 6ª feira, das 7h às 20h e aos sábados das 7h às 12h
Endereço	Avenida Pará 1930 CO Umuarama 38405-320
Cidade	Uberlândia
Estado	Minas Gerais
Telefone de contato	34 3225-8116
e-mail	foufu@umuarama.ufu.br
Ramo de Educação	Educação Superior

Fonte: Elaboração própria.

4.4.1 Levantamento de carga

A carga total instalada na edificação atualmente é de 350MW. O sistema estudado nesta pesquisa, do Bloco 4L encontra-se relacionado na

Tabela 44.

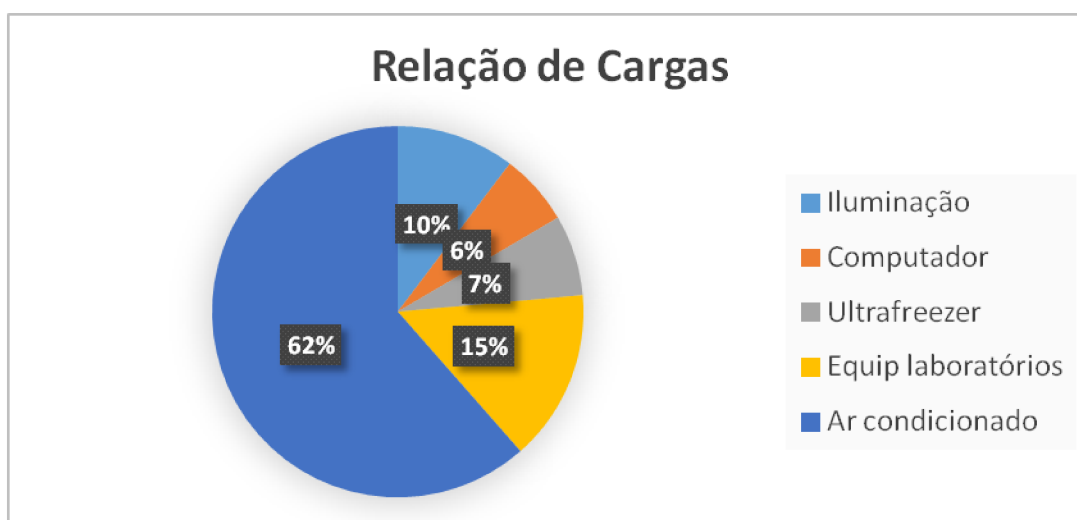
Tabela 4. Relação de cargas Bloco 4L HO UFU

N°	ILUMINAÇÃO	Potência		Potência		
		Qty	un	individual	total	un
1	Lâmpada Fluorescente Tubular 32W T8 5000K OSRAM 124cm	1000	pç	32 W	32000 W	
2	Lâmpada Fluorescente Tubular 16W T8 6400K OSRAM 60cm	188	pç	16 W	3008 W	
3	Lâmpada Vapor Sódio 400w Philips	2	pç	400 W	800 W	
4	Lâmpada Fluorescente Tubular 28W T8 6400K PHILIPS 60cm	16	pç	28 W	448 W	
5	Lâmpada Fluorescente Philips Mini Espiral 23W	16	pç	23 W	368 W	
6	Reator Eletrônico 2X32W 127/220V AFP EB232A16/26P Philips	500	pç			
7	Reator Eletrônico 2x16W 127/220V AFP Philips	94	pç			
8	Reator para Lâmpada a Vapor Sódio 400w Qualitrafo	2	pç			
9	Reator Eletrônico Alto Fator 2x28W 100-240V hi-tech Trancil	8	pç			
TOTAL					36624 W	
EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO		Qty	un	individual	total	un
1	Computador	74	pç	300 W	22200 W	
2	Equipo dentista	38	pç	293 W	11134 W	
3	Estufa	10	pç	500 W	5000 W	
4	Autoclave	2	pç	2000 W	4000 W	
5	Raio X	7	pç	1540 W	10780 W	
6	Motor 1/2CV	2	pç	368 W	736 W	
7	Motor 3/4CV	1	pç	552 W	552 W	
8	Motor 1CV	2	pç	736 W	1472 W	
9	Freezer	8	pç	300 W	2400 W	
10	Destiladora	5	pç	200 W	1000 W	
11	Banho Maria	1	pç	1000 W	1000 W	
12	Ciclador	2	pç	1000 W	2000 W	
13	Eq. Solda	1	pç	5000 W	5000 W	
14	Bomba vácuo	1	pç	5516,25 W	5516,25 W	
15	Compressor	2	pç	2500 W	5000 W	
16	Ultrafreezer	1	pç	25000 W	25000 W	
TOTAL					102790,3 W	
CONDICIONAMENTO DE AR		Qty	un	individual	total	un
1	CBV12CBBNA - 12000btu	32	pç	3516 W	112512 W	
2	Gree GWCN12DBND1A3A 12000btu	6	pç	3516 W	21096 W	
3	Electrolux PI18F/PE18F - 18000btu	4	pç	5300 W	21200 W	
4	Carrier 42LUCC22C5 - 22000btu	21	pç	6500 W	136500 W	
5	Electrolux PI124F/PE24F - 24000btu	12	pç	7000 W	84000 W	
6	Elgin PHF 48.000-3 - 48000btu	7	pç	14000 W	98000 W	
7	Rheem RB1PT60C2CV2 - 55000btu	10	pç	16100 W	161000 W	
TOTAL					218525 W	

Fonte: Elaboração própria.

Conforme o estudo realizado do levantamento de carga da unidade consumidora em estudo, conclui-se que as cargas predominantes para análise são iluminação e sistema de ar condicionado. O projeto de energia alternativa ocorrerá após os cálculos de viabilidade e economia das ações prioritárias (Figura 12).

Figura 12. Gráfico relação de cargas por usos finais de energia



Fonte: Elaboração própria.

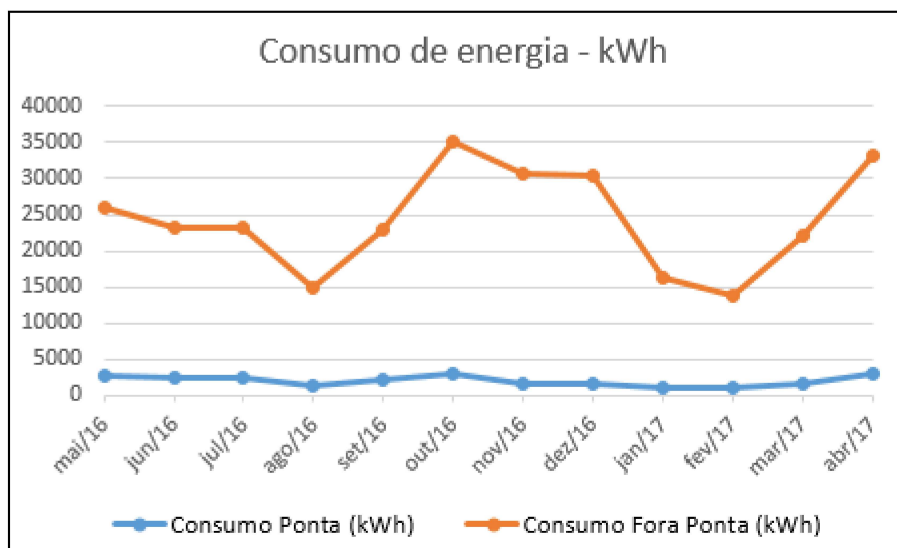
Portando, o sistema é composto em sua maioria de demanda em condicionamento de ar, importante informar que muitos aparelhos foram trocados recentemente e são eficientes. Estudaremos este caso na Relação Custo Benefício posteriormente. A iluminação representa 10% da demanda da edificação, mas com o advento da tecnologia LED, torna-se uma opção viável para o estudo de *retrofit*. Outros equipamentos como computadores, equipamento de dentista, motores, estufas, autoclaves, entre outros, têm um fator de demanda muito baixo, também não sendo possível sua troca. O sistema fotovoltaico vem para complementar a AEE, tendo como objetivo uma economia visando redução da demanda e do gasto energético.

4.5 AVALIAÇÃO DO HISTÓRICO DE CONSUMO

O consumo de energia elétrica no horário de ponta registrado entre maio/2016 e abril/2017 foi de 24,22 MWh, enquanto fora da ponta foi registrado 267,68 MWh,

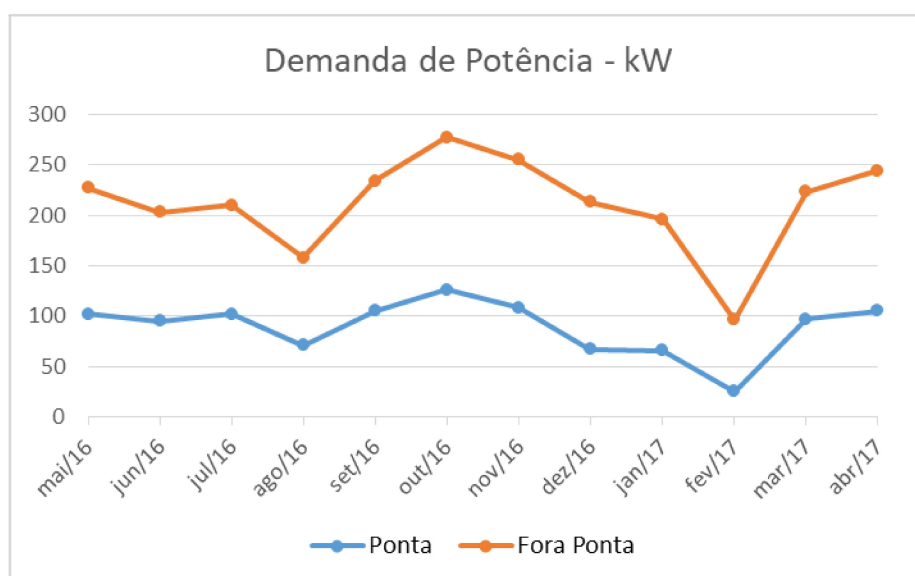
com médias de 2,02 MWh/mês e 22,31 MWh/mês, respectivamente. A demanda máxima no mesmo período foi de 147 kW, enquanto a média foi de 122 kW. Mais detalhes podem ser observados no Figura 133 e na Figura 144.

Figura 13. Consumo de energia na ponta e fora de ponta entre os meses de maio/2016 e abril/2017



Fonte: Elaboração própria.

Figura 14. Demanda da potência atual na ponta e fora de ponta entre os meses de maio/2016 e abril/2017



Fonte: Elaboração própria.

4.6 DESCRIÇÃO E DETALHAMENTO

Para realização da escolha da edificação foi realizada uma reunião com o Grupo Técnico de Trabalho em Eficiência Energética (GTTEE) e escolhido um prédio com medição isolada para reduzir os custos nas ações de Medição e Variação. Na entrada de energia do Bloco 4L há um transformador apenas para o bloco, local em que foi instalado medidores para levantamento da linha de base da edificação.

Figura 15. Consumo e demanda da Unidade consumidora HO-UFU entre os meses maio/2016 e abril/2017

INSERÇÃO DE DADOS FATURA CEMIG			
Mês	Mês (mm/aaaa)	Consumo total (HP+HFP) kWh/mês	Demanda Ponta (kW)
Mês 1	mai/2016	26.040,00	125,00
Mês 2	jun/2016	23.240,00	108,00
Mês 3	jul/2016	23.240,00	108,00
Mês 4	ago/2016	14.840,00	87,00
Mês 5	set/2016	22.820,00	129,00
Mês 6	out/2016	35.140,00	151,00
Mês 7	nov/2016	30.800,00	147,00
Mês 8	dez/2016	30.380,00	146,00
Mês 9	jan/2017	16.240,00	130,00
Mês 10	fev/2017	13.860,00	71,00
Mês 11	mar/2017	22.120,00	126,00
Mês 12	abr/2017	33.180,00	139,00
Média mensal		24.325,00	122,25

Fonte: Elaboração própria

Conforme pode-se observar de forma especificada, o consumo de energia durante os meses de férias, tem uma redução de considerável.

O Diagnóstico consiste em avaliar as possíveis ações viáveis para efficientização no prédio. Foram avaliadas as ações de iluminação, condicionamento ambiental e sistema fotovoltaico.

4.7 ESTRATÉGIA DE M&V

Nesta seção, é descrita como será calculada a economia de energia e a redução de demanda na ponta para cada ação e para o projeto. Existe, também a apresentação das equações para cálculo dos benefícios energéticos do projeto, bem como o detalhamento da metodologia utilizada para obtenção da economia anual de energia e redução de demanda média na ponta, além da explicação de cada variável e seu método de medição e/ou estimativa, assim como demonstrado no edital, item 11.12.4.

A partir da decisão de execução de ações de *retrofit* em iluminação e instalação de uma usina fotovoltaica, presente uma multiplicidade de ações, com efeitos interativos entre elas, tornando mais adequada a utilização da opção C – Toda a instalação do PIMVP, para em última análise determinar a redução do consumo da energia enviada.

4.7.1 Variáveis Independentes

As variáveis independentes consideradas relevantes para a medição e verificação são: a população na edificação, a temperatura de bulbo seco e a data e hora.

4.8.1.1 Taxa de ocupação.

Em ações de iluminação, a taxa de ocupação representa uma variável independente essencial a ser considerada na análise. Ela foi medida com contagem manual, durante o mesmo momento da medição. Após a ação de Energia Economizada (EE), deverá ser instalada uma catraca, com intuito de obter a média de pessoas que frequentam o prédio.

4.8.1.2 Temperatura de bulbo seco.

Durante a análise dos dados, foi observado que o consumo de condicionamento ambiental varia com a temperatura externa, e como existe uma

ação de fotovoltaico, é necessário considerar também, em menor escala a temperatura de bulbo seco (Figura 16).

Figura 16. Termômetro IBUTG de globo bulbo seco e úmido



Fonte: Homis Brasil.

4.7.1.2 Ciclo de utilização

Conforme analisado por medições, o consumo varia especificamente em algumas horas do dia, nota-se a redução da relevância das variáveis, taxa de ocupação e temperatura em fins de semana, feriados e férias escolares. Portanto, essa é uma importante variável independente a ser considerada.

4.7.2 Fronteira de medição

Para decidir na opção de medir toda a instalação ou apenas parte dela deve ser levado em conta alguns fatores. Medir apenas a instalação de iluminação seria uma possibilidade, porém a falta de circuito isolado de iluminação no Quadro Geral de Distribuição impossibilita o procedimento. Além de que, ao instalar a usina

fotovoltaica, a energia é gerada para toda a instalação. Por isso, é necessária a medição de memória de massa junto ao medidor da concessionária.

É importante que a medição feita antes da ação de eficiência seja a mais precisa possível, para isso, necessário utilização de instrumentos de qualidade e aferidos. Durante o período de medição foi utilizado o Analisador de Qualidade e Energia Trifásico Fluke 434-II por profissional técnico treinado (Figura 17).

Figura 17. Fluke 434-II utilizado na medição



Fonte: Elaboração própria.

“Qualquer fator que ocorra fora da fronteira de medição determinada é chamado de efeitos interativos” (EVO, 2007, p.14, tradução nossa). Os efeitos interativos precisam ser estimados para que tenham influência na determinação da economia obtida.

4.7.3 Opção do PIMVP

O PIMVP apresenta quatro opções de medição, A e B para medições isoladas e C e D para medições de toda instalação, definidas as variáveis independentes e a fronteira de medição.

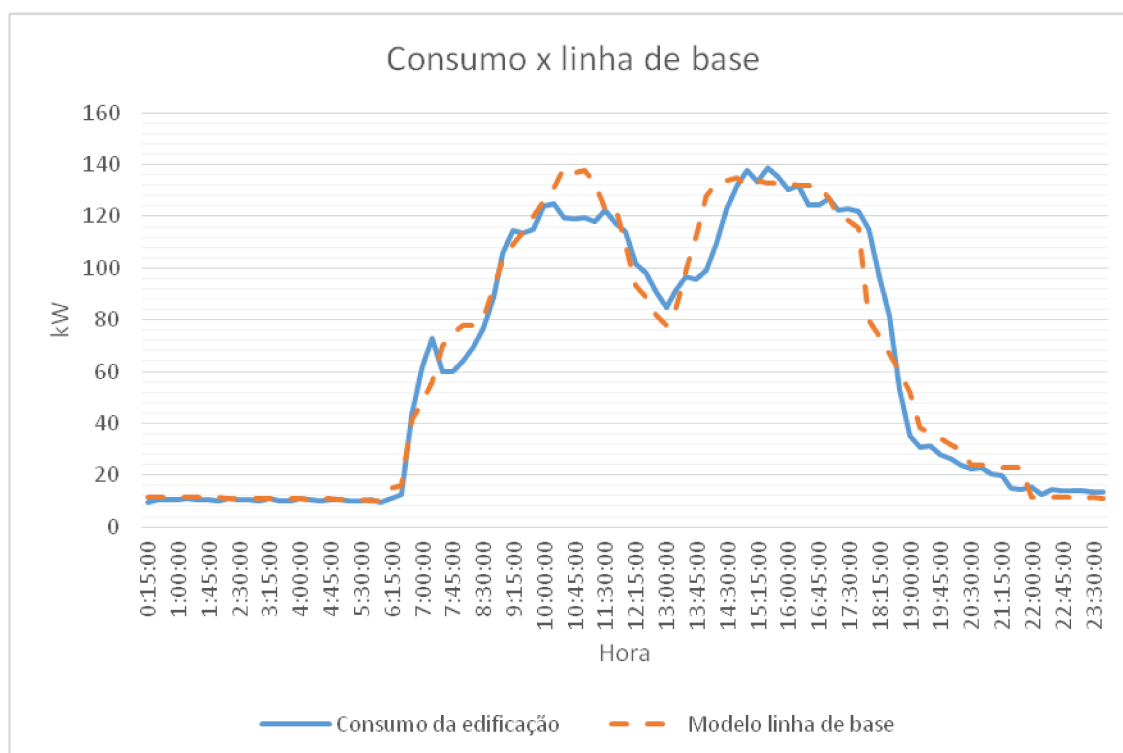
Para medição de toda a instalação, a opção C deve ser a primeira a ser considerada. Outro motivo da escolha da opção C é que as faturas de energia também serão usadas para determinar a economia, sendo apurado o consumo do primeiro ano de funcionamento regular após a execução do projeto e; a economia esperada a ser alcançada é superior a 10% do consumo do ano base.

A opção C, neste caso, também é vantajosa devido ao seu baixo custo de implementação, devido à comodidade da instalação do medidor de memória de massa junto ao medidor da concessionária.

4.7.4 Modelo do consumo da linha de base

Neste ponto, após escolher as variáveis independentes, os fatores estáticos e o período de medição, calcula-se o modelo matemático do consumo de linha de base, a partir dela que serão comparados os resultados pós implementação do projeto de AEE e assim determinada a economia obtida. A Figura 188, mostra que a energia hipoteticamente despendida segundo critério da linha de base sofre correção segundo o volume de produção.

Figura 18. Modelo linha de base



Fonte: Elaboração própria.

O período demonstrado no gráfico é de apenas um dia, mas para todos os dias medidos temos uma linha de base com uma confiança de 95%. Utilizando um modelo MMT linear, tipo dois parâmetros, encontramos valores R^2 (coeficiente de determinação de 95% e CV (coeficiente de variação) de 25%. Pelas regras do PEE o CV não deve passar de 10%, mas é esperado um valor menor quando as medições se propagarem por um período mais longo.

A Figura 188 demonstra o comportamento medido em comparação com o comportamento calculado através do dia analisado. Observa-se que praticamente durante todo o período, os valores preditos ficam próximos a faixa de medição. Apenas alguns picos de energia ficam ligeiramente diferentes, porém são praticamente impossíveis de prever.

4.7.5 Amostragem

Na opção C do PIMVP, os cálculos da economia necessitam de um longo período de medição para dados do contrato de desempenho. O período de determinação da linha de base deve ser grande o suficiente para que todas as variáveis independentes se justifiquem em qualquer situação. Os dados das medições foram realizados no período de 15 e 22 de maio de 2017. Os dados do dia 15 de maio encontram-se no Anexo A.

4.7.6 Cálculo da economia

Independentemente de qual abrangência do indicador que está sendo utilizado, a determinação do consumo de energia evitado, ou apenas energia economizada, decorre da comparação dos indicadores medidos com a linha de base determinada previamente, seguidos de um ajuste ou efeito iterativo, como demonstrado na Equação 5

$$EE_{con} = ELB - EMP \pm A \times (X) \quad (5)$$

Em que:

- EE_{con} : Energia Economizada;

- ELB: Energia hipotética da linha de base;
- EMP Energia medida no período;
- A: Ajustes.

Os Custos Evitado de Demanda (CED) e o Custo da Energia Evitada (CEE) serão calculados pelas seguintes equações.

$$CED = (12 \times C_1) + (12 \times C_2 \times LP) \quad (6)$$

$$CEE = \frac{(C_3 \times LE_1) + (C_4 \times LE_2) + (C_5 \times LE_3) + (C_6 \times LE_4)}{LE_1 + LE_2 + LE_3 + LE_4} \quad (7)$$

Em que:

- CED - Custo Unitário Evitado de Demanda (R\$/kW ano)
- 12 – meses (mês/ano)
- C_1 – Custo unitário da demanda no horário de ponta (R\$/kW.mês)
- C_2 – Custo unitário da demanda no horário fora de ponta (R\$/kW.mês)
- LP – Constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta (1)
- CEE – Custo Unitário Evitado de Energia (R\$/MWh)
- C_3 – Custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos (R\$/MWh)
- C_4 - Custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos (R\$/MWh)
- C_5 - Custo unitário da energia no horário fora de ponta de períodos secos (R\$/MWh)

- C_6 - Custo unitário da energia no horário fora de ponta de períodos úmidos (R\$/MWh)
- LE_1 - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta (1)
- LE_2 – Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta (1)
- LE_3 – Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta (1)
- LE_4 – Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta (1)

O método se baseia no cálculo do custo unitário de perdas técnicas no sistema elétrico, que pode ser visto no relatório CODI 19-34 (ABRADEE, 1996), a energia e demanda evitadas correspondem a uma redução de perdas no sistema e o benefício “de evitar uma unidade de perdas é numericamente igual ao custo de fornecer uma unidade adicional de carga”.

O cálculo se baseia no impacto para o sistema da carga evitada, supondo-se um perfil de carga típico e caracterizado pelo fator de carga (F_c). As perdas evitadas no sistema são calculadas a partir da redução de 1 kW, seu reflexo na demanda fora de ponta (LP) através do fator de carga, e pelos fatores de perda (F_p , que levam ao cálculo de LE_1 , LE_2 , LE_3 e LE_4 , juntamente com a permanência de cada ponto horário no ano – 450, 315, 4.686 e 3.309 h/ano respectivamente), que medem o reflexo desta redução no horário fora de ponta e na energia consumida nos 4 pontos tarifários (seco e úmido, ponta e fora de ponta).

4.8 ANÁLISE DE OPORTUNIDADE E AVALIAÇÃO DA ECONOMIA

A metodologia de cálculo considerou o mesmo número de horas de operação e, para efeito de verificação da redução de demanda na ponta e energia economizada, seguiu-se o descrito no item 3.2 do Módulo 4 do PROPEE.

Para realização dos cálculos do tempo de funcionamento (em horas/ano), foi considerado o horário de operação da universidade: - 2ª a 6ª feira, das 7h às 20h, totalizando: 205 dias x 13 horas = 2.665 horas; - Aos sábados, das 7h às 12h, totalizando: 44 dias x 5h = 220 horas; - Logo, o tempo de funcionamento anual é de 2.730 + 220 = 2.885 horas/ano; Para realização do cálculo do Fator de Coincidência na Ponta (FCP) foram consideradas 3 horas/dia, 22 dias/mês, 10 meses/ano = $(3 \times 22 \times 10) / 792 = 83,33\%$.

Quadro 1. Fator de Coincidência na Ponta

<i>FCP</i>	<i>Fator de Coincidência na Ponta</i>
<i>nup</i>	Número de horas por dia de utilização do sistema a ser eficientizado no horário de ponta.
<i>nd</i>	Número de dias úteis ao longo do mês no qual o sistema a ser eficientizado no horário de ponta é utilizado.
<i>nm</i>	Número de meses, em um período de um ano.
792	Equivale ao número de horas de ponta disponíveis ao longo de um período de um ano.

Fonte: ANEEL.

Todos os outros cálculos provêm do Programa de Eficiência Energética regulamentado pela ANEEL. Portanto, neste tópico são descritas as equações utilizadas para o cálculo do RCB, conforme o Módulo 7 do PROPEE. As metas de economia vêm primariamente da instalação da Usina Fotovoltaica e com ela uma expectativa de redução da demanda de 40kW.

4.8.1. Iluminação

4.8.1.1 Abrangência

As lâmpadas que serão substituídas no programa serão todas as fluorescentes compactas por modelos LED (Diodo Emissor de Luz) equivalentes.

4.8.1.2 Reatores

A tecnologia LED, dispensa o uso e antigos reatores, pois o mesmo já vem embutido na lâmpada. Os reatores antigos, serão descartados por empresa contratada com certificação para o serviço.

4.8.1.3 Projeto

- O modelo da lâmpada selecionada para substituir as atuais lâmpadas fluorescentes tubulares (FT) de 32 W é a lâmpada LED Tubular 20 W, da marca Elgin, certificada pelo Procel. No total, serão substituídas 1000 lâmpadas;
- O modelo da lâmpada selecionada para substituir as atuais lâmpadas fluorescentes (FT) de 16 W é a lâmpada LED Tubular 10 W, da marca Elgin, certificada pelo Procel. No total, serão substituídas 188 lâmpadas;
- O modelo da lâmpada selecionada para substituir as atuais lâmpadas fluorescentes (FT) de 28 W é a lâmpada LED Tubular 20 W, da marca Elgin, certificada pelo Procel. No total, serão substituídas 16 lâmpadas;
- O modelo escolhido para substituir as atuais lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) de 27 W é a lâmpada LED compacta 9 W, da marca Osram, certificada pelo PROCEL. No total, serão substituídas 16 lâmpadas.

Tabela 5. Sistema atual de iluminação

ILUMINAÇÃO - SISTEMA ATUAL				TOTAL	ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5		
Tipo de equipamento / tecnologia					Fluorescente tubular T8 5000k 124cm 32W	Fluorescente tubular T8 6400k 60cm 16W	Fluorescente tubular T8 6400k 60cm 28W	Lâmpada fluorescente Espiral E27 27W	Lâmpada Vapor Sódio 400W		
Quantidade de luminárias				620	500	94	8	16	2		
Lâmpadas	Potência	W	pla_i		32,00	16,00	28,00	27,00	400,00		
	Quantidade		qla_i	1.222	1.000	188	16	16	2		
Reatores	Potência	W	pra_i		5,00	5,00	5,00	0,00	20,00		
	Quantidade		qra_i	612	500	94	16	0	2		
Potência instalada				kW	Pa_i	39,78	34,50	3,48	0,53	0,43	0,84
Tempo de utilização do sistema, em um dia				h/dia		13,00	13,00	13,00	13,00	8,00	
Dias de utilização do sistema, em um ano				dia/ano		205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	
Funcionamento				h/ano	ha_i	2.665,00	2.665,00	2.665,00	2.665,00	1.640,00	
Horas de utilização em horário de ponta, em um dia				h/dia	$nupa_i$	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês				dia/mês	nda_i	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
Meses de utilização em horário de ponta, em um ano				mês/ano	nma_i	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
Potência média na ponta				kW	da_i	31,64	27,44	2,77	0,42	0,34	0,67
Fator de coincidência na ponta					$FCPa_i$	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Energia consumida				MWh/ano	Ea_i	105,15	91,94	9,27	1,41	1,15	1,38
Demanda média na ponta				kW	Da_i	31,64	27,44	2,77	0,42	0,34	0,67

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6. Sistema proposto de iluminação

ILUMINAÇÃO - SISTEMA PROPOSTO				TOTAL	ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5		
Tipo de equipamento / tecnologia					Lâmpada LED Tubular T8 5000k 124cm 20W	Lâmpada LED Tubular T8 6400k 60cm 10W	Lâmpada LED Tubular T8 6400k 60cm 20W	Lâmpada LED 5000K E27 9W	Lâmpada Vapor Sódio 400W		
Quantidade de luminárias				620	500	94	8	16	2		
Lâmpadas	Potência	W	plp_i		20,00	10,00	20,00	9,00	400,00		
	Quantidade		qlp_i	1.222	1.000	188	16	16	2		
Reatores	Potência	W	prp_i		0,00	0,00	0,00	0,00	20,00		
	Quantidade		qrp_i	2	0	0	0	0	2		
Potência instalada				kW	Pp_i	23,18	20,00	1,88	0,32	0,14	0,84
Tempo de utilização do sistema, em um dia				h/dia		13,00	13,00	13,00	13,00	8,00	
Dias de utilização do sistema, em um ano				dia/ano		205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	
Funcionamento				h/ano	hp_i	2.665,00	2.665,00	2.665,00	2.665,00	1.640,00	
Horas de utilização em horário de ponta, em um dia				h/dia	$nupp_i$	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês				dia/mês	ndp_i	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
Meses de utilização em horário de ponta, em um ano				mês/ano	nmp_i	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
Potência média na ponta				kW	dp_i	18,44	15,91	1,50	0,25	0,11	0,67
Fator de coincidência na ponta					$FCPp_i$	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Energia consumida				MWh/ano	Ep_i	60,92	53,30	5,01	0,85	0,38	1,38
Demanda média na ponta				kW	Dp_i	18,44	15,91	1,50	0,25	0,11	0,67

Fonte: Elaboração própria

Tabela 7. Resultados esperados para o sistema de iluminação

ILUMINAÇÃO - RESULTADOS ESPERADOS			TOTAL	ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5
Redução de demanda na ponta	kW	RDP_i	13,20	11,53	1,27	0,17	0,23	0,00
CED =	439,58	% RDP_i	41,72%	42,03%	45,95%	39,39%	66,67%	0,00%
Energia economizada	MWh/ano	EE_i	44,22	38,64	4,26	0,55	0,77	0,00
CEE =	343,80	% EE_i	42,06%	42,03%	45,95%	39,39%	66,67%	0,00%
Benefício anualizado iluminação	R\$	B_{ILUM}	21.006,17	18.355,40	2.022,89	263,31	364,58	0,00

Fonte: Iluminação própria

Em que:

- CEE - custo unitário da energia economizada (R\$/MWh);
- CED - custo unitário evitado de demanda (R\$/kW, ano).

4.8.1.4 Equações

Energia economizada:

$$EE = \left[\sum_{\text{Sistema } i} (qa_i \times pa_i \times ha_i) - \sum_{\text{Sistema } i} (qp_i \times pp_i \times hp_i) \right] \times 10^{-6} \quad (8)$$

Em que:

- EE - Energia economizada (MWh/ano).
- qa_i - número de lâmpadas no sistema i atual.
- pa_i - potência da lâmpada e reator no sistema i atual (W).
- ha_i - tempo de funcionamento do sistema i atual (h/ano).
- qp_i - número de lâmpadas no sistema i proposto.
- pp_i - potência da lâmpada e reator no sistema i proposto (W).
- hp_i - tempo de funcionamento do sistema i proposto (h/ano).

Redução de demanda na ponta:

$$RDP = \left[\sum_{\text{Sistema } i} (qa_i \times pa_i \times FCPa_i) - \sum_{\text{Sistema } i} (qp_i \times pp_i \times FCPp_i) \right] \times 10^{-3} \quad (9)$$

Em que:

- RDP - redução de demanda na ponta (kW).

- FCP_{ai} - fator de coincidência na ponta no sistema i atual.
- FCP_{pi} - fator de coincidência na ponta no sistema i proposto.

Cálculo da vida útil de lâmpadas:

$$Vida\ útil\ das\ lâmpadas = \frac{Vida\ útil\ da\ lâmpada\ (em\ horas)}{Tempo\ de\ utilização\ (em\ horas/ano)} \quad (10)$$

Cálculo da estimativa do fator de coincidência em ponta:

$$FCP = \frac{nm \times nd \times nup}{792} \quad (11)$$

Em que:

- FCP - fator de coincidência na ponta.
- nm - número de meses, ao longo do ano, de utilização em horário de ponta (≤ 12 meses).
- nd - número de dias, ao longo do mês, de utilização em horário de ponta (≤ 22 dias).
- nup - número de horas de utilização em horário de ponta (≤ 3 horas).
- 792 - número de horas de ponta disponíveis ao longo de 1 ano.

4.8.1.5 Benefício Anualizado

Com a troca do sistema de iluminação no Hospital Odontológico da UFU, é esperada uma redução de energia de 44,22 MWh/ano, que significa uma redução de 42,06% do consumo de iluminação na edificação, o sistema de iluminação atual é responsável por cerca de 35% do consumo do Hospital.

4.8.2 Condicionamento ambiental

4.8.2.1 Abrangência

Neste ponto, será realizado o estudo das trocas dos condicionadores de ar, abrangendo sua troca, por modelos mais eficientes.

4.8.2.2 Projeto

O modelo selecionado para substituir o ar condicionado cond 6 ELGIN PHF de 48.000 btu e selo Procel D é o modelo, de mesma marca, 48.000btu certificada pelo Procel com eficiência A. No total, serão estudados a substituição de 7 unidades.

O modelo selecionado para substituir o ar condicionado cond 7 RHEEM de 55.000 btu e selo Procel D é o modelo, da marca ELGIN, 55.000btu certificada pelo Procel com eficiência A. No total, serão estudados a substituição de 10 unidades.

Tabela 8. Sistema atual de condicionamento ambiental

CONDICIONAMENTO AMBIENTAL - SISTEMA ATUAL			TOTAL	cond 1	cond 2	cond 3	cond 4	cond 5	cond 6	cond 7
Tipo de equipamento / tecnologia				Split 12000 BTUs	Split 12000 BTUs	Split 18000 BTUs	Split 22000 BTUs	Split 24000 BTUs	Split 48000 BTUs	Split 55000 BTUs
Potência nominal de refrigeração	BTU/h	pa_i		3.516	3.516	5.300	6.500	7.000	48.000	55.000
Coeficiente de eficiência energética	W/W	ca_i		3,20	2,86	3,11	3,03	2,85	2,74	2,72
Quantidade		qa_i	92	32	6	4	21	12	7	10
Potência instalada	kW	Pa_i	131,47	10,30	2,16	2,00	13,20	8,64	35,93	59,25
Fator de utilização				0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Potência média utilizada	kW	Pua_i	92,03	7,21	1,51	1,40	9,24	6,05	25,15	41,47
Tempo de utilização do sistema, em um dia	h/dia			9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Dias de utilização do sistema, em um ano	dia/ano			205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00
Funcionamento	h/ano	ha_i		1.845,00	1.845,00	1.845,00	1.845,00	1.845,00	1.845,00	1.845,00
Horas de utilização em horário de ponta, em um dia	h/dia	$nupa_i$		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês	dia/mês	nda_i		21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Meses de utilização em horário de ponta, em um ano	mês/ano	nma_i		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Fator de coincidência na ponta		$FCPa_i$		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Energia consumida	MWh/ano	Ea_i	169,80	13,30	2,79	2,58	17,05	11,15	46,40	76,52
Demanda média na ponta	kW	Da_i	73,21	5,74	1,20	1,11	7,35	4,81	20,01	32,99

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9. Sistema proposto de condicionamento ambiental

CONDICIONAMENTO AMBIENTAL - SISTEMA PROPOSTO			TOTAL	cond 1	cond 2	cond 3	cond 4	cond 5	cond 6	cond 7
Tipo de equipamento / tecnologia				Split 12000 BTUs	Split 12000 BTUs	Split 18000 BTUs	Split 22000 BTUs	Split 24000 BTUs	Split 48000 BTUs	Split 55000 BTUs
Potência nominal de refrigeração	BTU/h	pp_i		3.516	3.516	5.300	6.500	7.000	48.000	55.000
Coeficiente de eficiência energética	W/W	cp_i		3,20	2,86	3,11	3,03	2,85	3,22	3,22
Quantidade		qp_i	92	32	6	4	21	12	7	10
Potência instalada	kW	Pp_i	116,92	10,30	2,16	2,00	13,20	8,64	30,57	50,05
Fator de utilização				0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Potência média utilizada	kW	Pup_i	81,84	7,21	1,51	1,40	9,24	6,05	21,40	35,03
Tempo de utilização do sistema, em um dia	h/dia			9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Dias de utilização do sistema, em um ano	dia/ano			205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00	205,00
Funcionamento	h/ano	hp_i		1.845,00	1.845,00	1.845,00	1.845,00	1.845,00	1.845,00	1.845,00
Horas de utilização em horário de ponta, em um dia	h/dia	$nupp_i$		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês	dia/mês	ndp_i		21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	20,00	20,00
Meses de utilização em horário de ponta, em um ano	mês/ano	nmp_i		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Fator de coincidência na ponta		$FCPp_i$		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,76	0,76
Energia consumida	MWh/ano	Ep_i	151,00	13,30	2,79	2,58	17,05	11,15	39,49	64,64
Demanda média na ponta	kW	Dp_i	62,96	5,74	1,20	1,11	7,35	4,81	16,21	26,54

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 10. Resultados esperados para o condicionamento ambiental

CONDICIONAMENTO AMBIENTAL - RESULTADOS ESPERADOS			TOTAL	cond 1	cond 2	cond 3	cond 4	cond 5	cond 6	cond 7
Redução de demanda na ponta	kW	RDP_i	10,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,79	6,45
CED =	439,58	%	13,99%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	18,96%	19,55%
Energia economizada	MWh/ano	EE_i	18,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,92	11,88
CEE =	343,80	%	11,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,91%	15,53%
Benefício anualizado condicioname	R\$	B_{COND}	10.965,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.045,47	6.919,92

Fonte: Elaboração própria.

4.9.2.3 Equações

As equações de cálculo da estimativa do fator de coincidência na ponta (**Erro! Fonte de referência não encontrada.11**), energia economizada (Equação 8) e de redução de demanda na ponta (Equação 9) foram utilizadas para o cálculo do Benefício Anualizado.

4.9.2.4 Benefício Anualizado

Com a troca do sistema de condicionamento ambiental no Hospital Odontológico da UFU, é esperado uma redução de energia de 18,80 MWh/ano que significa uma redução de 10% do consumo dos aparelhos de ar condicionado da

edificação. O sistema de condicionamento ambiental atual é responsável por cerca de metade do consumo do Hospital. Pode-se dizer que o valor investido para a efficientização do sistema é muito alto, visto seu potencial econômico, resultando em uma relação custo benefício insatisfatório para o Programa de Eficiência Energética. Esse fato é detalhado posteriormente neste estudo.

4.8.3 Sistemas Fotovoltaicos

4.8.3.1 Abrangência

O sistema proposto avalia toda a área disponível na unidade consumidora e realiza-se a disposição fotovoltaico, no qual utiliza todo o espaço disponível. O sistema a ser realizado deve atender as condições da relação de custo benefício do projeto.

Inicialmente, definiu-se a tecnologia a ser utilizada, e para isso foram analisados diversos fatores que influenciam diretamente na produção de energia. A Tabela 11 detalha as características do módulo fotovoltaico de Silício policristalino, uma vez que os painéis de silício monocristalino apresentam custos superiores aos pré-estabelecidos.

Tabela 11. Parâmetros do módulo fotovoltaico

Módulo fotovoltaico	
Fabricante	CanadianSolar
Modelo	CS6X-330P
Tecnologia	Silício Policristalino
Potência Nominal	330 Wp
Tensão de Máxima Potência (Vm)	36,6 V
Corrente de Máxima Potência (Im)	8,61 A
Dimensões do Módulo	(1954 x 982 x 40) mm
Peso	22 kg
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	44,9 V
Corrente de Circuito Aberto (Isc)	9,18 A
Eficiência (%)	16,42%

Fonte: Fabricante: CanadianSolar.

O modelo CS6X-330P da fabricante CanadianSolar se mostrou eficiente em pesquisas realizadas pelo Núcleo de Pesquisa em Eletrônica de Potência (NUPEP).

Com auxílio do GOOGLE MAPS, foi possível obter os dados de latitude e longitude no local: 18°88'12,24" S, -48°25'90,83" W.

A partir dessa informação, foram obtidos os dados de irradiação anual em Uberlândia disponível no site do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB). As Figuras 19 e 20 ilustram os dados de irradiação para a estação mais próxima localizada na cidade vizinha de Monte Alegre de Minas.

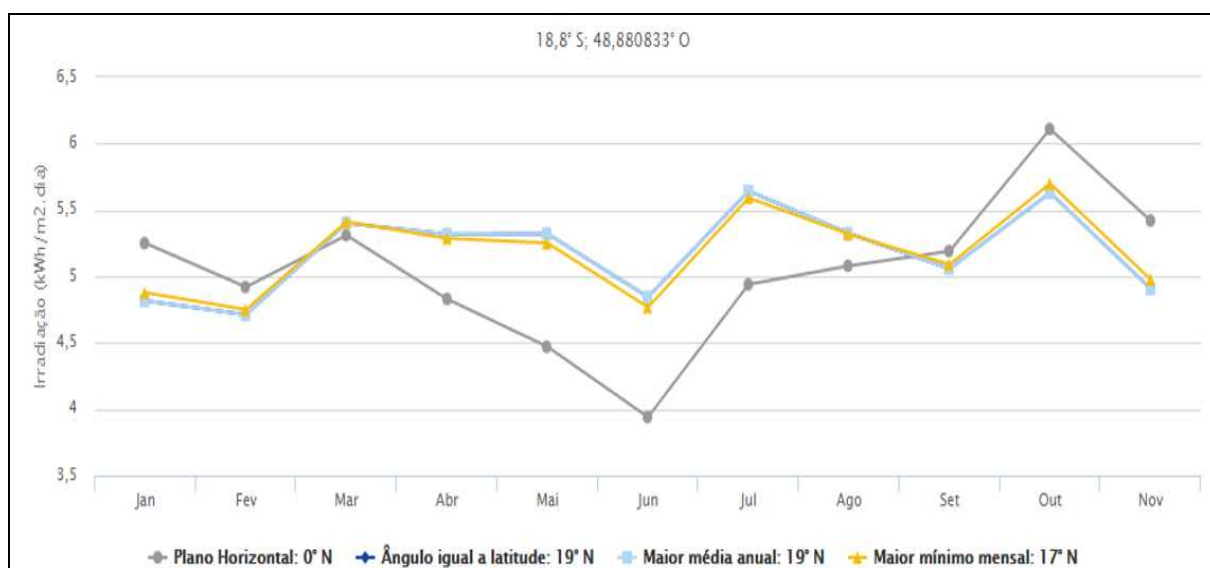
Figura 19. Irradiação Solar no Plano Inclinado - Monte Alegre de Minas – Minas Gerais

Estação: Monte Alegre de Minas
Município: Monte Alegre de Minas, MG - BRA
Latitude: 18,8° S
Longitude: 48,880833° O
Distância do ponto de ref. (18,881224° S; 48,259083° O): 66,1 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
☑	Plano Horizontal	0° N	5,25	4,92	5,31	4,83	4,47	3,94	4,36	4,94	5,08	5,19	6,11	5,42	4,99	2,17
☑	Ângulo igual a latitude	19° N	4,82	4,71	5,40	5,32	5,32	4,84	5,31	5,64	5,32	5,06	5,63	4,91	5,19	,93
☑	Maior média anual	19° N	4,82	4,71	5,40	5,32	5,32	4,84	5,31	5,64	5,32	5,06	5,63	4,91	5,19	,93
☑	Maior mínimo mensal	17° N	4,88	4,75	5,41	5,29	5,25	4,77	5,23	5,59	5,32	5,09	5,70	4,98	5,19	,95

Fonte: CRESESB.

Figura 20. Irradiação Solar no Plano Inclinado - Monte Alegre de Minas - Minas Gerais



Fonte: CRESESB.

Limitado pela inclinação dos telhados, optou-se por utilizar duas inclinações de telhados, todas com 10° de inclinação e desvios azimutais de 0° e 180° em relação ao norte geográfico. Calcula-se a energia gerada por um módulo de 330Wp, com um valor conservador na irradiação diária no plano dos módulos (108kWh/kWp.mês) a pedido da CEMIG e de acordo com as características dos módulos:

$$E = \frac{P_{pico} \times G_{pm} \times PR}{P_{sol}} \quad (12)$$

Em que:

- E = Energia consumida diariamente pelas cargas (kWh/dia);
- P_{pico} = Potência de pico do painel fotovoltaico (kWp);
- P_{sol} = Irradiância de referência (1kW/m²);
- G_{pm} = Irradiação diária no plano dos módulos (kWh/m².dia);
- PR = Coeficiente de Desempenho (adimensional).

$$E = \frac{0,330kWp \times 108kWh/kWp.mes \times 0,75}{1kW/m^2} \quad (13)$$

Em um módulo tem-se uma economia de:

$$E = 26,73 kWh/mes$$

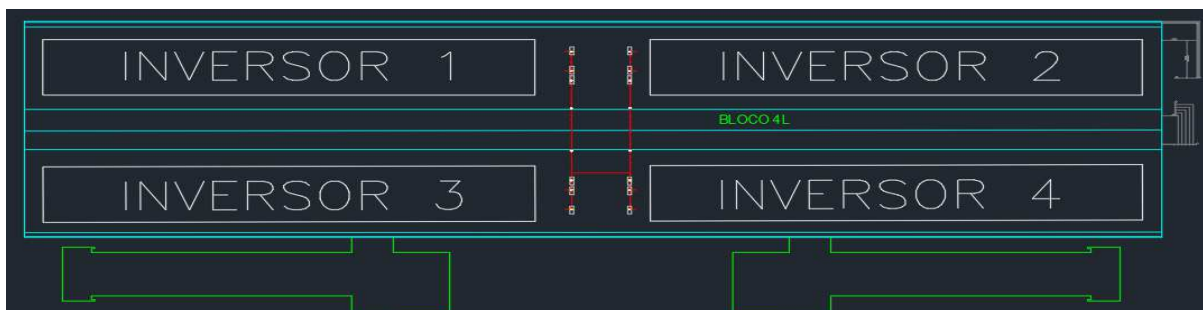
Por fim, para adequarmos uma economia mensal aproximada de 10,6MWh/mês foi escolhido um sistema com 400 módulos, totalizando 132kWp e 4 inversores de 27kW da marca FRONIUS para que seja possível obter uma boa relação de custo benefício e que atenda aos requisitos do PEE. Logo, a energia economizada mensal e anual:

$$E_{mensal} = 400 \times 26,73 = 10,69 MWh/mes$$

$$E_{anual} = 12 \times 10,69 = 128,30 MWh/ano$$

Para atender ao sistema, os módulos serão dispostos em quatro áreas ocupando 190m² cada (Figura 21).

Figura 21. Localização dos módulos referentes ao respectivo inversor



Fonte: Elaboração própria.

4.8.3.2 Projeto

Definida a disposição a fim de evitar sombra, a quantidade de painéis necessária foi realizada a simulação do sistema no *software* PVSyst para confirmação dos parâmetros do sistema fotovoltaico. A Figura 222 demonstra a plataforma inicial do sistema onde detalham-se os dados referentes ao início do projeto.

Figura 22. Dados da simulação do sistema fotovoltaico no PVSyst

A imagem mostra a interface do PVSyst com os seguintes dados:

Project's designation

- File name: 4L.PRJ
- Project's name: 4L
- Site File: Uberlandia_MN71.SIT
- Meteonorm 7.1 (1900-1900), Sat=100%
- Brazil
- Meteo File: Uberlandia_MN71_SYN.MET
- Meteonorm 7.1 (1900-1900), Sat=100%
- Synthetic
- 0 km

System Variant (calculation version)

Variant n° VCO : 4L

Input parameters

- Mandatory:** Orientation, System, Detailed losses, Self-consumption (desativado)
- Optional:** Horizon, Near Shadings, Module layout, Economic eval, Miscellaneous tools

Simulation

- Run Simulation
- Advanced Simul.
- Report
- Detailed results

Results overview

System kind	Sheds on a building
System Production	209 MWh/yr
Specific production	1582 kWh/kWp/yr
Performance Ratio	0.801
Normalized production	4.34 kWh/kWp/day
Array losses	0.98 kWh/kWp/day
System losses	0.10 kWh/kWp/day

Fonte: Elaboração Própria.

Após foi definido 10°C como a temperatura mais baixa e a temperatura máxima de 75°C (verão) (Figura 23).

Figura 23. Dados de temperatura no local da instalação e Tensão do inversor

Project settings

Albedo | Design conditions | Other limitations | Preferences

Site-dependent Design parameters

Reference temperatures for array design by respect to the inverter input voltages ?

Parameter	Value	Unit	Default
Lower temperature for Absolute Voltage limit	10	°C	<input type="checkbox"/>
Winter operating temperature for VmppMax design	55	°C	<input type="checkbox"/>
Usual operating temperature under 1000 W/m	65	°C	<input type="checkbox"/>
Summer operating temperature for VmppMin design	75	°C	<input type="checkbox"/>

Other design Parameters

Array Max. voltage

- IEC (usually 1000 V)
- UL (usually 600 V)

muVoc value

- From one-diode model
- From specification ?

Limit overload loss for design: 3.0 %

Transposition Model for this project

- Hay model (robust) ?
- Perez-Ineichen model (sophisticated)

Cancel OK

Fonte: Elaboração Própria.

Posteriormente, foram definidas as orientações dos sistemas, com dois inversores à 0° e outros dois a 180° em relação ao norte geográfico. O sistema detalhado com a quantidade de módulos, a especificação do módulo e a adequação ao inversor, representado pela Figura 24, mostra uma leve sobrecarga no inversor. Isto já era esperado já que a potência dos módulos conectados ao inversor é maior que a do próprio inversor, esta técnica é permitida pelo fabricante e não traz prejuízo à garantia do mesmo. Serão, 4 inversores com 5 fileiras e 20 módulos, assim como descrito no projeto no Anexo B.

Figura 24. Disposição e definição do arranjo no PVsyst.

Grid system definition, Variant "4L"

Global System configuration

2 Number of kinds of sub-arrays

[Simplified Schema](#)

Global system summary

Nb. of modules	400	Nominal PV Power	132 kWp
Module area	794 m ²	Maximum PV Power	122 kWdc
Nb. of inverters	4	Nominal AC Power	108 kWac

Sub-array #1 | Sub-array #2

Sub-array name and Orientation

Name: Sub-array #1 Order: 1 Tilt: 10° Azimuth: 0°

Orient: Orientation #1

Resizing Help

No sizing Enter planned power: 0.0 kWp

or available area(modules): 0 m²

[? Resize](#)

Select the PV module

Available Now Approx. needed modules: 0

Canadian Solar Inc. 330 Wp 32V Si-poly CS3U - 330P Since 2017 Manufacturer 2017 [Open](#)

Sizing voltages: Vmpp (85°C) 28.7 V Voc (10°C) 47.7 V

Use Optimizer

Select the inverter

Available Now 50 Hz
 60 Hz

Fronius International 27 kW 580 - 850 V TL 50/60 Hz ECO 27.0-3-S Since 2015 [Open](#)

Nb. of inverters: 2 Operating Voltage: 580-850 V Global Inverter's power: 54.0 kWac

Input maximum voltage: 1000 V **"String" inverter with 6 inputs**

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: 20

Nbre strings: 10 only possibility 8

Overload loss: 0.5 % [Show sizing](#)

Prnom ratio: 1.22

Nb. modules: 200 Area: 397 m²

Operating conditions

Vmpp (85°C) 573 V
Vmpp (10°C) 805 V
Voc (10°C) 955 V

Plane irradiance: **1000 W/m²**

Imp (STC) 87.6 A
Isc (STC) 92.0 A
Isc (at STC) 92.0 A

Max. in data STC

Max. operating power at 1000 W/m² and 70°C: **54.3 kW**

Array nom. Power (STC) 66.0 kWp

Please define the desired power or available area!!

[System overview](#)

X Cancel

✓ OK

Fonte: Elaboração Própria.

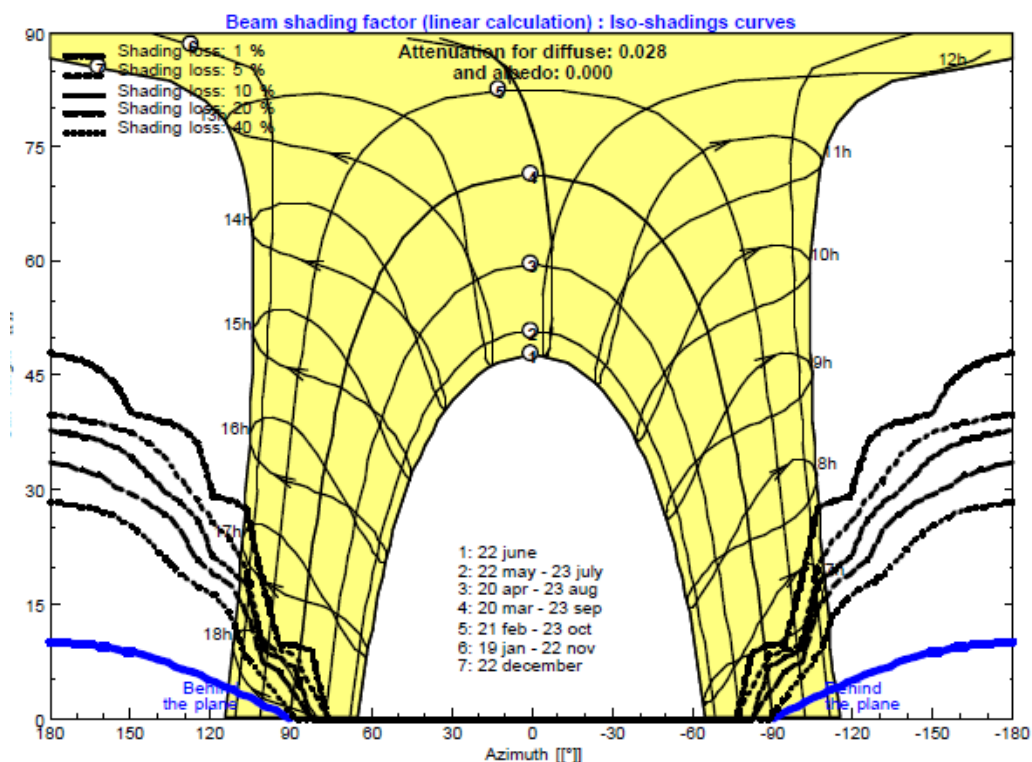
Após a simulação foram obtidos os parâmetros de energia produzida considerando as perdas do sistema, dentre outros, caracterizado pelas Figuras 25, 26 e 27 e Tabelas 12.

Figura 25. Parâmetros da Simulação.

Simulation parameters		Sub-field #1		Sub-field #1	
Project	4L novo	PV modules	CS3U - 330P	Inverter	ECD 27.0-3-S
Site	Uberlandia	Nominal Power	66.0 kWp	Inv. unit power	27.0 kW
System type	Grid-Connected	MPP Voltage	38.0 V	Nb. of inv.	2
Simulation	01/01 to 31/12 (Generic meteo data)	MPP Current	8.7 A		
Main results					
System Production	200 MWh/yr	Normalized prod.	4.15 kWh/kWp/day		
Specific prod.	1516 kWh/kWp/yr	Array losses	1.17 kWh/kWp/day		
Performance Ratio	0.767	System losses	0.09 kWh/kWp/day		

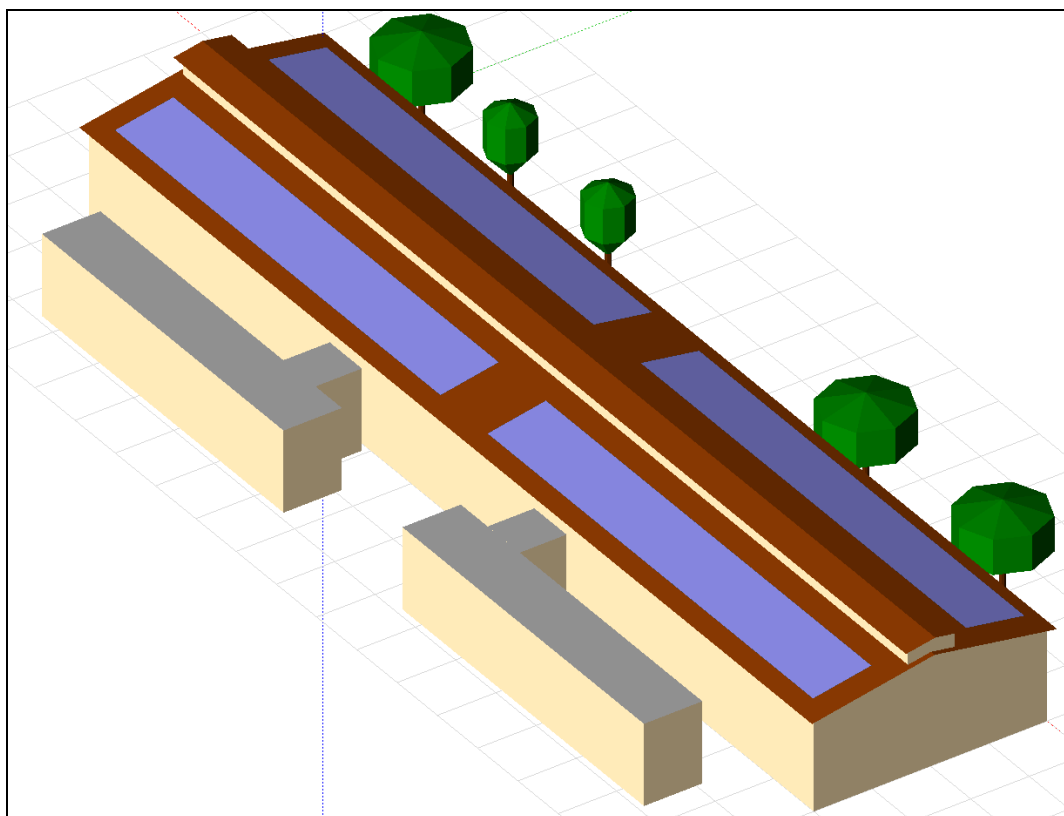
Fonte: Elaboração Própria.

Figura 26. Diagrama de sombreamento durante o ano



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 27. Bloco 4L com sombreamento e posição dos módulos



Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 12. Parâmetros do sistema fotovoltaico

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	173.3	87.66	22.71	171.9	159.4	17.63	17.26	0.761
February	166.7	71.80	22.87	165.2	154.9	16.95	16.59	0.761
March	167.1	74.71	22.51	165.8	154.7	17.12	16.75	0.765
April	151.8	60.83	21.80	150.7	140.7	15.78	15.45	0.776
May	141.4	50.26	20.03	140.4	130.5	14.80	14.48	0.781
June	144.7	30.61	18.54	143.9	133.0	15.00	14.68	0.773
July	153.6	34.95	18.71	152.6	141.8	15.97	15.63	0.776
August	180.6	36.54	20.32	179.4	168.8	18.75	18.36	0.775
September	184.9	53.52	21.52	183.6	172.9	18.99	18.59	0.767
October	184.4	70.68	23.25	183.0	170.6	18.59	18.20	0.754
November	166.2	87.25	21.87	164.7	152.9	17.01	16.65	0.766
December	175.5	83.19	22.32	174.2	161.8	17.84	17.46	0.760
Year	1990.2	741.98	21.36	1975.4	1841.9	204.41	200.10	0.767

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 13. Distribuição de energia por horário

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
January	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	27.3	47.4	59.1	66.7	65.8	68.2	64.0	57.9	46.2	33.0	15.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
February	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	21.4	43.7	59.0	69.1	73.6	72.2	71.7	67.1	55.6	38.5	17.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
March	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	18.6	43.1	58.6	66.8	68.6	67.7	68.2	57.7	47.3	32.1	11.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
April	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	16.3	39.4	57.4	68.6	70.6	67.8	66.6	56.3	43.5	24.4	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
May	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	32.7	51.2	62.7	67.5	68.2	63.5	54.5	38.0	17.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
June	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	31.6	50.4	67.2	73.9	74.4	69.9	58.8	39.2	17.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
July	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	31.7	52.8	67.3	73.8	75.1	70.3	62.3	42.2	21.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
August	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	40.8	62.3	76.3	82.2	83.6	79.8	69.5	52.9	29.3	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
September	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	25.0	50.2	67.1	78.5	81.0	81.4	78.6	67.3	52.6	31.1	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
October	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	31.7	51.4	68.2	74.6	72.7	73.4	70.6	60.4	44.4	28.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
November	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	32.7	48.6	59.1	70.7	68.0	68.8	65.7	56.6	40.3	26.2	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
December	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	31.1	48.7	61.1	67.9	67.2	66.4	64.1	57.9	46.7	31.9	11.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	19.8	42.4	58.9	69.7	72.0	72.3	69.4	60.5	45.7	27.5	7.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fonte: Elaboração Própria.

A Figura 255 detalha a produção de energia ao longo de um ano completo (200 MWh/ano), a diferença de valores entre o programa e o cálculo inicial é devido à ao valor médio mensal de produção de energia que a CEMIG impõe para o cálculo da geração. A potência de 66 kWp para cada sub-arranjo, a produção normalizada diária de 4,15 kWh/kWp, as perdas no sistema diárias de 0,9 kWh/kWp e o Coeficiente de desempenho, 76,7%.

Já a Tabela 12 caracteriza os parâmetros do sistema, nos quais se destacam a incidência global de 1975,4 kWh/m²/ano, a geração mês a mês e o coeficiente de desempenho, em inglês *performance ratio* (PR).

Por fim, a Tabela 13 ilustra a produção de energia mensal já descontadas as perdas a cada período do dia, onde se observa que a maior incidência é no horário comercial o que condiz com a instalação em estudo, pois esta possui um maior consumo de energia no horário de funcionamento (7h às 18h) justificando a diminuição da demanda contratada.

Desenhado com auxílio do software AutoCAD, a instalação no bloco previamente escolhido, devido à maior acessibilidade ao quadro geral, alojamento dos inversores no terceiro piso, ao lado dos corredores. A disposição pode ser visualizada no Anexo B.

Utilizando o cálculo proposto pela CEMIG, configurou-se na Tabela 14, com um valor médio mensal de produção de energia de 108,00 kWh/kWp.mês. Conseqüentemente, foram observados os benefícios anualizados com uma energia produzida de 171,07 MWh/ano, não muito abaixo da calculada pelo programa PVSyst. Todos os cálculos estão de acordo com o PEE e são demonstrados.

Tabela 14. Resultados esperados da usina fotovoltaica

FOTOVOLTAICO			
			PV-1
Tipo de equipamento / tecnologia			Canadian Solar 325W P-SI 72cells
Potência nominal do MÓDULO	Wp	P	330,00
Número de módulos fotovoltaicos			400
Valor Médio Mensal de Produção de Energia kWh/kWp.mês			108,00
Alíquota do ICMS incidente na fatura da instalação			6,00%
Alíquota do PASEP incidente na fatura da instalação			0,70%
Alíquota do COFINS incidente na fatura da instalação			3,30%

FOTOVOLTAICO - RESULTADOS ESPERADOS		TOTAL	
Tarifa de Energia (Antes de Impostos)	R\$/kWh	0,35289757	PV-1
Energia produzida	MWh/ano	171,07	171,07
Custo da energia - Ótica do consumidor =		R\$/MWh	392,11
	R\$	B_{PV}	67.078,26
			67078,26

Fonte: Elaboração própria.

4.9 CÁLCULO DA RELAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO (RCB)

4.9.1 Cálculo dos custos

Os custos foram avaliados sobre a ótica do PEE, em que os benefícios são comparados aos custos aportados efetivamente pelo PEE. O cálculo dos custos anualizados segue a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE, conforme é demonstrado o custo anualizado total:

$$CA_T = \sum_n CA_n \quad (14)$$

Em que:

- CA_T - custo anualizado total (R\$/ano).
- CA_n - custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (R\$/ano).

Custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados:

$$CA_n = CE_n \times \frac{CT}{CE_T} \times FRC_u \quad (15)$$

Em que:

- CA_n - custo anualizado de cada equipamento incluindo custos relacionados (R\$/ano).
- CE_n - custo de cada equipamento (R\$).
- CT - custo total do projeto (R\$).
- CE_T - custo total em equipamentos (R\$).
- FRC_u - fator de recuperação do capital para u anos (1/ano).
- u - vida útil dos equipamentos (ano).

Custo total em equipamentos:

$$CE_T = \sum_n CE_n \quad (16)$$

Em que:

- CE_T - custo total em equipamentos (R\$).
- CE_n - custo de cada equipamento (R\$).

Fator de recuperação do capital para u anos:

$$FRC_u = \frac{i \times (1+i)^u}{(1+i)^u - 1} \quad (17)$$

Em que:

- FRC_u - fator de recuperação do capital para u anos (1/ano).
- i - taxa de desconto considerada (1/ano).
- u - vida útil dos equipamentos (ano).

Os custos diretos, indiretos e anualizados das ações estudadas estão representados nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20.

Tabela 15. Custos diretos e indiretos dos equipamentos para iluminação

ILUMINAÇÃO							
CUSTOS DIRETOS							
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS				ORIGEM DOS RECURSOS			
Materiais e equipamentos	Vida Útil (anos)	Quantidade	Preço unitário	PEE	Terceiros	Consumidor	Total
Lâmpada LED Tubular T8 5000k 124cm 20W	8,00	1.000	R\$ 26,90	R\$ 26.900,00			R\$ 26.900,00
Lâmpada LED Tubular T8 6400k 60cm 10W	8,00	188	R\$ 19,90	R\$ 3.741,20			R\$ 3.741,20
Lâmpada LED Tubular T8 6400k 60cm 20W	8,00	16	R\$ 26,90	R\$ 430,40			R\$ 430,40
Lâmpada LED 5000K E27 9W	8,00	24	R\$ 14,90	R\$ 357,60			R\$ 357,60
Materiais e equipamentos				R\$ 31.429,20	R\$ -	R\$ -	R\$ 31.429,20
MÃO DE OBRA E TRANSPORTE				ORIGEM DOS RECURSOS			
Mão de obra própria				R\$ 4.990,22			R\$ 4.990,22
		Quantidade	Preço unitário	PEE	Terceiros	Consumidor	Total
Retirada das lâmpadas em local apropriado		75	R\$ 8,30	R\$ 622,50			R\$ 622,50
Instalação das lâmpadas Novas		75	R\$ 8,30	R\$ 622,50			R\$ 622,50
Retirada de reatores		50	R\$ 8,30	R\$ 415,00			R\$ 415,00
Mão de obra de terceiros				R\$ 1.660,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.660,00
Transporte				R\$ 1.055,49			R\$ 1.055,49
Sub total - Mão de obra e transporte				R\$ 7.705,71	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.705,71
Sub total - Custos diretos				R\$ 39.134,91	R\$ -	R\$ -	R\$ 39.134,91
CUSTOS INDIRETOS							
CUSTOS INDIRETOS				ORIGEM DOS RECURSOS			
Administração própria				R\$ 918,36			R\$ 918,36
Marketing				R\$ 236,44	R\$ -	R\$ -	R\$ 236,44
Treinamento e capacitação				R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
		Quantidade	Preço unitário	PEE	Terceiros	Consumidor	Total
Descarte de lâmpadas		1.228	R\$ 5,21	R\$ 6.397,88			R\$ 6.397,88
Descarte de materiais				R\$ 6.397,88	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.397,88
Outros custos indiretos				R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Sub total - Custos indiretos				R\$ 7.552,69	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.552,69
Custos iluminação				R\$ 46.687,60	R\$ -	R\$ -	R\$ 46.687,60

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 16. Custos anualizados da ação de efficientização da iluminação

ILUMINAÇÃO				
CUSTOS ANUALIZADOS				
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS			ORIGEM DOS RECURSOS	
Materiais e equipamentos	Vida útil	FRC	CA _{PEE}	CA _{TOTAL}
Lâmpada LED Tubular T8 5000k 124cm 20W	8,00	0,17401	R\$ 7.876,18	R\$ 7.054,92
Lâmpada LED Tubular T8 6400k 60cm 10W	8,00	0,17401	R\$ 1.095,40	R\$ 981,18
Lâmpada LED Tubular T8 6400k 60cm 20W	8,00	0,17401	R\$ 126,02	R\$ 112,88
Lâmpada LED 5000K E27 9W	8,00	0,17401	R\$ 104,70	R\$ 93,79
Custo anualizado total iluminação			CA_{TILUM}	R\$ 8.242,76

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 17. Custos diretos e indiretos dos equipamentos para condicionamento ambiental

CONDICIONAMENTO AMBIENTAL							
CUSTOS DIRETOS							
				ORIGEM DOS RECURSOS			
	Vida útil (anos)	Quantidade	Preço unitário	PEE	Terceiros	Consumidor	Total
Condicionador de ar Split Wall 48.000 Btus frio	7,00	7	R\$ 5.500,00	R\$ 38.500,00			R\$ 38.500,00
Condicionador de ar Split Wall 54.000 Btus frio	7,00	10	R\$ 6.500,00	R\$ 65.000,00			R\$ 65.000,00
Materiais e equipamentos				R\$ 103.500,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 103.500,00
Acessórios	20,00			R\$ -			R\$ -
Materiais e equipamentos				R\$ 103.500,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 103.500,00

MÃO DE OBRA E TRANSPORTE				ORIGEM DOS RECURSOS			
Mão de obra própria				#REF!			#REF!
	Quantidade	Preço unitário	PEE	Terceiros	Consumidor	Total	
Desinstalação / Mão de Obra	17	R\$ 600,00	R\$ 10.200,00			R\$ 10.200,00	
Instalação / Mão de Obra	17	R\$ 600,00	R\$ 10.200,00			R\$ 10.200,00	
Mão de obra de terceiros			R\$ 20.400,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 20.400,00	
Transporte			R\$ 2.501,83			R\$ 2.501,83	
Sub total - Mão de obra e transporte			R\$ 37.657,97	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.657,97	
Sub total - Custos diretos			R\$ 141.157,97	R\$ -	R\$ -	R\$ 141.157,97	

CUSTOS INDIRETOS							
CUSTOS INDIRETOS				ORIGEM DOS RECURSOS			
Administração própria				R\$ 2.937,33			R\$ 2.937,33
Marketing				R\$ 560,45	R\$ -	R\$ -	R\$ 560,45
Treinamento e capacitação				R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Descarte de materiais	Quantidade	Preço unitário	PEE	Terceiros	Consumidor	Total	
Remoção para local apropriado	17	R\$ 300,00	R\$ 5.100,00			R\$ 5.100,00	
Descarte de materiais			R\$ 5.100,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.100,00	
Outros custos indiretos							
Acabamento (Gesso, vidro, pintura, etc.)	17	R\$ 50,00	R\$ 850,00			R\$ 850,00	
Cobre em metros	50	R\$ 90,00	R\$ 4.500,00			R\$ 4.500,00	
Outros custos indiretos			R\$ 5.350,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.350,00	
Sub total - Custos indiretos			R\$ 13.947,78	R\$ -	R\$ -	R\$ 13.947,78	
Custos condicionamento ambiental			R\$ 155.105,75	R\$ -	R\$ -	R\$ 155.105,75	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 18. Custos anualizados da ação de efficientização do condicionamento ambiental

CONDICIONAMENTO AMBIENTAL				
CUSTOS ANUALIZADOS				
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS			ORIGEM DOS RECURSOS	
Materiais e equipamentos	Vida útil	FRC	CA _{PEE}	CA _{TOTAL}
Condicionador de ar Split Wall 48.000 Btus frio	7,00	0,19207	R\$ 12.043,23	R\$ 11.123,05
Condicionador de ar Split Wall 54.000 Btus frio	7,00	0,19207	R\$ 20.332,72	R\$ 18.779,18

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 19. Custos diretos e indiretos dos equipamentos para a usina fotovoltaica

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA							
CUSTOS DIRETOS							
	Vida útil (anos)	Quantidade	Preço unitário	ORIGEM DOS RECURSOS			
				PEE	Terceiros	Consumidor	Total
PAINEL SOLAR CANADIAN CS6U-325P 72 CELULAS POLICRISTALINO 6 POLEGADAS 325W	25,00	400	R\$ 780,00	R\$ 82.000,00	R\$ -	R\$ 230.000,00	R\$ 312.000,00
INVERSOR SOLAR FRONIUS 4210057040 ECO 27.0-3-S WLAN/LAN/WEBSERVER COM PROTECAO SURTO	25,00	1	R\$ 23.990,00	R\$ 23.990,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 23.990,00
INVERSOR SOLAR FRONIUS 4210057041 ECO 27.0-3-S LIGHT COM PROTEÇÃO SURTO	25,00	3	R\$ 21.990,00	R\$ 65.970,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 65.970,00
MULTI-CONTACT CONECTOR MC4 320016P0001-UR PV-KBT4/6II-UR ACOPLADOR FEMEA	25,00	40	R\$ 8,90	R\$ 356,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 356,00
MULTI-CONTACT CONECTOR MC4 32.0017P0001-UR PV-KST4/6II-UR ACOPLADOR MACHO	25,00	40	R\$ 8,90	R\$ 356,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 356,00
CABO SOLAR NEXANS ENERGYFLEX BR 0,6/1KV (1500 V DC) PRETO - MULTIPLO 25 METROS	25,00	32	R\$ 197,50	R\$ 6.320,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.320,00
CABO SOLAR NEXANS ENERGYFLEX BR 0,6/1KV (1500 V DC) PRETO - MULTIPLO 25 METROS	25,00	32	R\$ 197,50	R\$ 6.320,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 6.320,00
ESTRUTURA PAINEL SOLAR ROMAGNOLE 410874 RS-166 P/TELHA ONDULADA 4 PLACAS	25,00	100	R\$ 418,00	R\$ 41.800,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 41.800,00
STRING BOX ECOSOLS 1000V 32A 01 OU 2 ENTRADAS 01 SAIDA C/ FUSIVEL	25,00	12	R\$ 609,00	R\$ 7.308,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 7.308,00
Materiais e equipamentos				R\$ 234.420,00	R\$ -	R\$ 230.000,00	R\$ 464.420,00

MÃO DE OBRA E TRANSPORTE			ORIGEM DOS RECURSOS			
	Quantidade	Preço unitário	PEE	Terceiros	Consumidor	Total
Mão de obra própria			R\$ 44.218,88			R\$ 44.218,88
Frete	1	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00		R\$ -	R\$ 30.000,00
Instalação e Projetos	1	R\$ 100.000,00	R\$ 30.000,00		R\$ 70.000,00	R\$ 100.000,00
Projetos	1	R\$ 40.000,00	R\$ 40.000,00		R\$ -	R\$ 40.000,00
Homologação	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00		R\$ -	R\$ 5.000,00
Mão de obra de terceiros			R\$ 105.000,00	R\$ -	R\$ 70.000,00	R\$ 105.000,00
Transporte			R\$ 8.928,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 8.928,00
Administração própria			R\$ 8.102,24			R\$ 8.102,24
Sub total - Mão de obra e transporte			R\$ 166.249,12	R\$ -	R\$ 70.000,00	R\$ 166.249,12
Total			R\$ 400.669,12	R\$ -	R\$ 300.000,00	R\$ 700.669,12

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 20. Custos anualizados da instalação da usina fotovoltaica

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA				
CUSTOS ANUALIZADOS				
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS			ORIGEM DOS RECURSOS	
Materias e Equipamentos	Vida útil (anos)	FRC	CA _{PEE}	CA _{TOTAL}
PAINEL SOLAR CANADIAN CS6U-325P 72 CELULAS POLICRISTALINO 6 POLEGADAS 325W	25,00	0,09368	R\$ 11.896,14	R\$ 43.499,84
INVERSOR SOLAR FRONIUS 4210057040 ECO 27.0-3-S WLAN/LAN/WEBSERVER COM PROTECAO SURTO	13,00	0,12652	R\$ 5.135,81	R\$ 4.527,77
INVERSOR SOLAR FRONIUS 4210057041 ECO 27.0-3-S LIGHT COM PROTEÇÃO SURTO	13,00	0,12652	R\$ 14.122,94	R\$ 12.450,91
MULTI-CONTACT CONECTOR MC4 320016P0001-UR PV-KBT4/6II-UR ACOPLADOR FEMEA	25,00	0,09368	R\$ 56,43	R\$ 49,75
MULTI-CONTACT CONECTOR MC4 32.0017P0001-UR PV-KST4/6II-UR ACOPLADOR MACHO	25,00	0,09368	R\$ 56,43	R\$ 49,75
CABO SOLAR NEXANS ENERGYFLEX BR 0,6/1KV (1500 V DC) PRETO - MULTIPLO 25 METROS	25,00	0,09368	R\$ 1.001,78	R\$ 883,18
CABO SOLAR NEXANS ENERGYFLEX BR 0,6/1KV (1500 V DC) PRETO - MULTIPLO 25 METROS	25,00	0,09368	R\$ 1.001,78	R\$ 883,18
ESTRUTURA PAINEL SOLAR ROMAGNOLE 410874 RS-166 P/TELHA ONDULADA 4 PLACAS	25,00	0,09368	R\$ 6.625,69	R\$ 5.841,26
STRING BOX ECOSOLS 1000V 32A 01 OU 2 ENTRADAS 01 SAIDA C/ FUSIVEL	25,00	0,09368	R\$ 1.158,39	R\$ 419,23
Custo anualizado total FONTE INCENTIVADA		CA_{T F. INC}	R\$ 36.070,77	R\$ 65.814,91

Fonte: Elaboração própria.

4.9.2 Cálculo dos benefícios

Os benefícios foram avaliados sobre a ótica do sistema elétrico, atribuído valor as economias de energia e redução de demanda pela tarifa do sistema de bandeiras aplicada pela concessionária de energia.

$$BA_T = (EE \times CEE) + (RDP \times CED) \quad (18)$$

Em que:

- BA_T - benefício anualizado (R\$/ano);
- EE - energia anual economizada (MWh/ano);
- CEE - custo unitário da energia economizada (R\$/MWh);
- RDP - redução de demanda em horário de ponta (kW);
- CED - custo unitário evitado de demanda (R\$/kW/ano).

Os valores dos custos unitários evitados foram calculados conforme metodologia definida no módulo 7 do PROPEE. Foram utilizados os valores de tarifa vigentes na data de elaboração deste projeto, conforme: CEE = 343,80 R\$/MWh; CED = 439,58 R\$/kW ano; Resolução Homologatória ANEEL n° 2076, de 24 de maio de 2016; Fator de carga 70%; Fator k = 0,15.

4.9.3 Relação custo benefício

Como o projeto possui mais de uma finalidade (iluminação e fotovoltaico) cada um desses usos finais teve sua RCB calculada. Também é apresentada a RCB global do projeto, consideradas as somas dos custos e benefícios.

O projeto de iluminação, mesmo sem aporte financeiro do consumidor teve o RCB de 0,39 e será incluído na proposta. O projeto de instalação da usina fotovoltaica teve o RCB maior, mas o suficiente para, recebendo um aporte da universidade, atingir o RCB dentro da meta. Já o condicionamento ambiental teve o RCB de 2,95, com esse resultado o sistema fica inviável à troca, resultado que já era esperado, pois grande parte do sistema já está com equipamentos novos e eficientes. O cálculo da relação custo-benefício segue a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE, a equação (19):

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \quad (19)$$

Onde:

- RCB - relação custo-benefício.
- CA_T - custo anualizado total (R\$/ano).
- BA_T - benefício anualizado (R\$/ano).

Portanto, calculou-se o RCB deste sistema proposto, pela Tabela 21, resultando em um RCB de 0,52, neste caso, aceitável dentro das proposições do PROPEE. Os valores utilizados para esse cálculo foram baseados nos orçamentos de compra. Alguns fornecedores não autorizaram a divulgação dos orçamentos, portanto, foi decidido preservar o nome de todas as empresas participantes.

Tabela 21. Cálculo Relação Custo-Benefício por uso final e total.

CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO							COM OUTROS RECURSOS		
Uso final	EE Energia economizada MWh/ano	RDP Redução de demanda na ponta kW	CA _T PEE Custo anualizado PEE	BA _T Benefício anualizado total	RCB _{PEE} Por uso final PEE	RCB _{PEE}	CA _T TOTAL Custo anualizado total	RCB _{TOTAL} Por uso final total	RCB _{TOTAL}
Iluminação	44,22	13,20	R\$ 9.202,30	R\$ 21.006,17	0,44	0,52	R\$ 8.242,76	0,39	0,84
Fotovoltaico	171,07	0,00	R\$ 36.949,87	R\$ 67.078,77	0,55		R\$ 65.570,06	0,98	
Outros	0,00	0,00	R\$ -	R\$ -	0,00		R\$ -	0,00	
Total	215,30	13,20	R\$ 46.152,17	R\$ 88.084,94	0,52		R\$ 73.812,82	0,84	

Fonte: Elaboração Própria.

4.10 PRAZOS E CUSTOS

Apresentam-se os cronogramas físico e financeiro, destacando os desembolsos e as ações a serem implementadas, e a tabela custo por categoria contábil e origem dos recursos. O cronograma financeiro foi preenchido para os custos totais do projeto e para aqueles relativos ao PEE.

4.10.1 Cronograma físico

O cronograma de toda a ação de eficiência deverá durar 12 meses, contando a partir do diagnóstico energético e aquisição de materiais até o relatório final, conforme Tabela 22. Apesar da medição do período de determinação de economia ser necessário até o décimo segundo mês, toda a instalação e suas ações serão medidas por tempo indeterminado, para que sejam comprovadas por meio de comparação com a linha de base, a real economia da edificação.

Tabela 22. Cronograma físico das atividades durante os 12 meses do projeto

ATIVIDADES	CRONOGRAMA FÍSICO											
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
Diagnóstico energético Estratégia de M&V	X	X	X									
Aquisição de materiais e equipamentos	X	X	X			X	X					
Contratação dos serviços						X	X	X	X	X		
Medição do período de linha de base Plano de M&V		X	X	X	X	X	X					
Execução das ações de eficiência energética								X	X			
Descarte dos materiais e equipamentos substituídos								X	X			
Ações de marketing	X											X
Medição do período de determinação da economia										X	X	X
Avaliação dos resultados do projeto Relatório final												X

Fonte: Elaboração Própria.

4.10.2 Cronograma financeiro

Durante a execução dos projetos de eficiência energética, os recursos apontados como contrapartida terão prioridade de uso, ou seja, primeiramente serão utilizados os recursos aportados pela UFU até seu esgotamento para que, somente a posteriori, sejam utilizados os recursos do PEE, assim, possibilita observar Abaixo (Tabela 23, Tabela 24 e Figura 28).

Tabela 23. Cronograma financeiro de gastos com cada atividade e suas origens. Meses 1 a 5 (em reais)

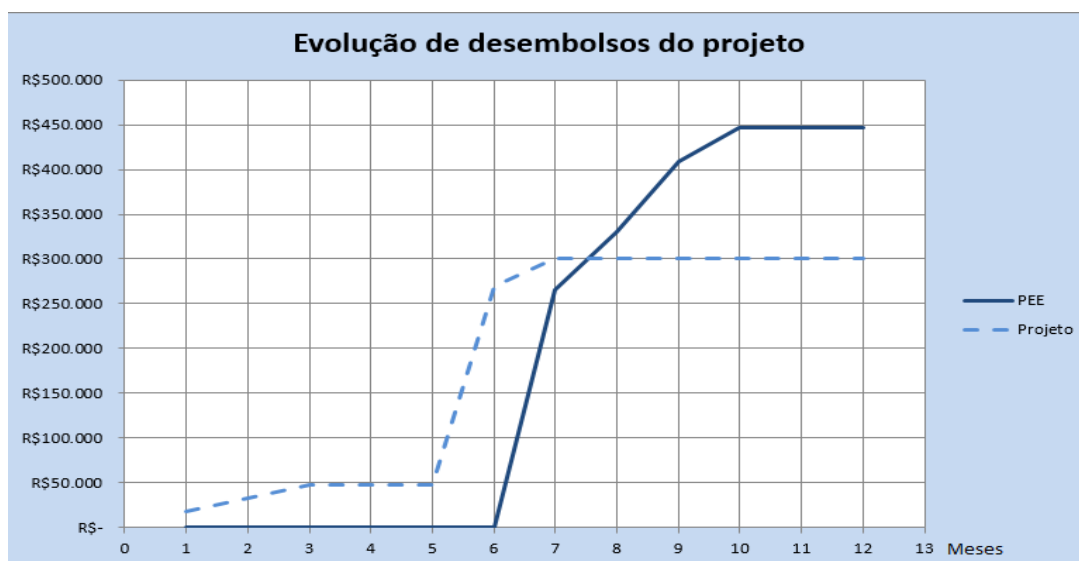
ATIVIDADES	ORIGEM RECURSOS	CRONOGRAMA FINANCEIRO				
		Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5
Diagnóstico energético	PEE	0,00	0,00	0,00		
Estratégia de M&V	Projeto	2.000,00	0,00	0,00		
Aquisição de materiais e equipamentos	PEE	0,00	0,00	0,00		
	Projeto	15.000,00	15.000,00	15.000,00		
Contratação dos serviços	PEE					
	Projeto					
Medição do período de linha de base	PEE		0,00	0,00	0,00	0,00
	Projeto		0,00	0,00	0,00	0,00
Execução das ações de eficiência energética	PEE					
	Projeto					
Descarte dos materiais e equipamentos substituídos	PEE					
	Projeto					
Ações de marketing	PEE	0,00				
	Projeto	1.000,00				
Medição do período de determinação da economia	PEE					
	Projeto					
Avaliação dos resultados do projeto	PEE					
	Projeto					
Total mensal de custos do projeto	PEE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Projeto	18.000,00	15.000,00	15.000,00	0,00	0,00
Total acumulado de custos do projeto	PEE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Projeto	18.000,00	33.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 24. Cronograma financeiro de gastos com cada atividade e suas origens. Meses 6 a 12 (em reais)

CRONOGRAMA FINANCEIRO							Total de custos
Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12	
							0,00
							2.000,00
0,00	234.420,00						234.420,00
216.429,20	0,00						261.429,20
0,00	31.429,20	30.000,00	50.000,00	37.160,00			148.589,20
5.000,00	30.570,80	0,00	0,00	0,00			35.570,80
0,00	0,00						0,00
0,00	0,00						0,00
		29.696,14	27.210,66				56.906,80
		0,00	0,00				0,00
		5.000,00	1.397,88				6.397,88
		0,00	0,00				0,00
						1.000,00	1.000,00
						0,00	1.000,00
				0,00	0,00	0,00	0,00
				0,00	0,00	0,00	0,00
						0,00	0,00
						0,00	0,00
0,00	265.849,20	64.696,14	78.608,54	37.160,00	0,00	1.000,00	447.313,88
221.429,20	30.570,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	300.000,00
0,00	265.849,20	330.545,34	409.153,88	446.313,88	446.313,88	447.313,88	447.313,88
269.429,20	300.000,00	300.000,00	300.000,00	300.000,00	300.000,00	300.000,00	300.000,00

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 28. Gráfico da evolução de desembolsos do projeto

Fonte: Elaboração Própria

4.10.3 Custos por categoria contábil e origens dos recursos

Os tipos de custos com suas respectivas origens estão demonstrados na Tabela 25. Também na Tabela 25 prevê valores limites para o custo com mão de obra de terceiros e ações de *marketing* pagos com recursos do PEE.

Tabela 25. Custo por categoria contábil e origem dos recursos

TIPO DE CUSTOS		CUSTOS TOTAIS		ORIGEM DOS RECURSOS		
		R\$	%	Recursos do PEE	Recursos de terceiros	Recursos do consumidor
CUSTOS DIRETOS - EX ANTE						
Materiais e equipamentos	Previsto	R\$ 495.849,20	66,35%	R\$ 265.849,20	R\$ -	R\$ 230.000,00
Mão de obra própria	Previsto	R\$ 42.210,66	5,65%	R\$ 42.210,66	R\$ -	R\$ -
Mão de obra de terceiros	Previsto	R\$ 184.160,00	24,64%	R\$ 114.160,00	R\$ -	R\$ 70.000,00
Transporte	Previsto	R\$ 8.928,00	1,19%	R\$ 8.928,00	R\$ -	R\$ -
Custos diretos	Previsto	R\$ 731.147,86	97,84%	R\$ 431.147,86	R\$ -	R\$ 300.000,00
CUSTOS INDIRETOS - EX ANTE						
Administração própria	Previsto	R\$ 7.768,14	1,04%	R\$ 7.768,14	R\$ -	R\$ -
Marketing	Previsto	R\$ 2.000,00	0,27%	R\$ 2.000,00	R\$ -	R\$ -
Descarte de materiais	Previsto	R\$ 6.397,88	0,86%	R\$ 6.397,88	R\$ -	R\$ -
Outros custos indiretos	Previsto	R\$ -	0,00%	R\$ -	R\$ -	R\$ -
Custos indiretos	Previsto	R\$ 16.166,02	2,16%	R\$ 16.166,02	R\$ -	R\$ -
Custo total do projeto - Ex ante	Previsto	R\$ 747.313,88	100,00%	R\$ 447.313,88	R\$ -	R\$ 300.000,00

VALORES LIMITE PARA OS RECURSOS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	LIMITADOR	VALOR
Mão de obra de terceiros / Custo total com recursos do PEE	30%	25,52%
Marketing/ Custo total com recursos do PEE	2%	0,45%

Fonte: Elaboração Própria.

4.11 DESCARTE DE MATERIAIS

A empresa contratada deverá prestar serviços especializados para coleta, armazenamento, transporte, descontaminação, reciclagem e descarte dos resíduos não aproveitáveis, de lâmpadas usadas (inteiras e fragmentadas), com recuperação dos componentes (vidro, alumínio e mercúrio), que contêm mercúrio metálico, dos tipos fluorescentes (de qualquer tamanho e forma, inclusive as compactas), atendendo integralmente os incisos VII, VIII, XV e XVI, dos Art. 3º e IX da Lei Nº 12.305/2010.

Após a descontaminação, todos os resíduos que possam ser reaproveitáveis deverão ser reciclados. Os serviços serão executados pela contratada, obedecendo todas as normas legais, regulares e ambientais pertinentes. De acordo com a ABNT NBR 10.004/04, as lâmpadas fluorescentes, mista, vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico são classificados como resíduos Classe I ou Perigosos.

Além de acondicionar as lâmpadas em vasilhames apropriados indevassáveis, que garantam o transporte com segurança, a empresa deverá fazer a descontaminação do material e a reciclagem dos resíduos aproveitáveis. O descarte dos resíduos não aproveitáveis deverá ser feito em local aprovado pelo órgão ambiental competente.

Nenhuma etapa deste processo de descarte e reciclagem poderá ser realizada nas dependências da UFU, independentemente do processo utilizado, com exceção apenas da etapa de coleta.

4.12 PROPOSTA DE AÇÕES DE *MARKETING*

As ações de marketing e propaganda serão feitas gratuitamente pelos meios de comunicação e propaganda da própria universidade. Foi adicionada uma ajuda de custo à TV Universitária bem como a Rádio Universitária no valor de R\$ 2.000,00. As propagandas serão usadas para divulgar a Universidade como pioneira em ações de EE na sociedade e estão descritas individualmente na Tabela 26.

Tabela 26. Custos de Marketing

MARKETING						
CUSTOS INDIRETOS			ORIGEM DOS RECURSOS			
	Quantidade	Preço unitário	PEE	Terceiros	Consumidor	Total
Marketing propaganda Radio Universitária UFU	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00			R\$ 1.000,00
Marketing propaganda Tv Universitária UFU	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00			R\$ 1.000,00
Marketing			R\$ 2.000,00	R\$ -	-	R\$ 2.000,00
DIVISÃO DOS CUSTOS POR USO FINAL			ORIGEM DOS RECURSOS			
Marketing iluminação			R\$ 236,00	R\$ -	R\$ -	R\$ 236,00
Marketing fotovoltaico			R\$ 1.763,56	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.763,56
			Marketing R\$ 2.000,00	R\$ -	-	R\$ 2.000,00

Fonte: Elaboração Própria

5 CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

A avaliação do consumo de energia antes e após as ações de eficiência energética são de fundamental importância para a determinação da economia nos programas de eficiência energética. Para a elaboração de um diagnóstico energético, a escolha da metodologia a ser aplicada deve ser a mais próxima da ideal para evitar custos desnecessários e aumentar sua confiabilidade. Sua escolha depende de fatores como o tempo requerido para o serviço, o custo disponível, a quantidade de economia esperada, a fronteira de medição e o grau de precisão esperado.

Os protocolos EVO e PIMVP são referências atuais e, nas literaturas de eficiência energética, são extensamente citados. Suas contribuições auxiliam os praticantes do programa de eficiência energética na determinação da energia economizada. Utilizando seus modelos de linha de base foi possível fazer previsões das futuras economias no consumo da energia do Hospital Odontológico da Universidade Federal de Uberlândia. Dados obtidos do prédio e de uma estação meteorológica no laboratório NUPEP foram utilizados para as previsões.

Este presente trabalho, buscou desenvolver uma metodologia a ser aplicada por prédios públicos nos programas de eficiência energética. A partir de referências como o Guia de Medição e Verificação, o PIMVP, o Guia para eficiência energética nas edificações públicas, entre outros, foi possível estabelecer um diagnóstico energético com uma relação do custo benefício aceitável.

A proposta de ação de eficiência na unidade consumidora avalia ações de *retrofit* de iluminação e ar condicionado, além da instalação de uma usina fotovoltaica de 130kWp. Atingindo uma relação custo benefício inaceitável para o programa, o condicionamento ambiental foi considerado inapto a receber incentivos para sua melhoria. O *retrofit* de iluminação teve uma ótima relação custo benefício e na usina fotovoltaica foi necessário a inclusão de uma contrapartida da UFU para ser viável aos olhos do PEE da CEMIG.

A previsão de economia de energia para os cofres públicos após a AEE, traz uma média de R\$ 13.400,00 mensais. Levando em consideração que a parte

contratante terá como investimento total, R\$ 300.000,00, seu retorno de investimento se dará em menos de dois anos.

O diagnóstico apresentado mostra a situação atual e após AEE do HO-UFU. Além dos benefícios demonstrados em valores no capítulo 4, a valorização do ensino e pioneirismo em investimento em energias renováveis devem ser consideradas como essenciais para a qualidade da educação da academia e da sociedade.

5.2 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa aqui desenvolvida, cujo diagnóstico foi apresentado no capítulo 4, abrangeu apenas uma edificação da UFU. A pesquisa pode ser amplamente estendida para outros prédios da UFU ou de qualquer outra instituição. Seguem algumas recomendações e sugestões para futuros trabalhos:

- Aplicação do mesmo modelo utilizando medições durante um período anual, além de uma análise com regressão múltipla, utilizando outras variáveis regressora;
- Ampliar a modelagem da linha de base para o modelo de Variable Base Degree Days (VBDD);
- Testar novamente os modelos de medição e verificação, podendo ser no mesmo prédio ou em outros, para uma faixa maior de consumo;
- Desenvolvimento de um *software* específico para este tipo de pesquisa, simplificando o gerenciamento de dados de entrada e saída dos modelos.

6 REFERÊNCIAS

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Tarifas de Energia**. Disponível em: < <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/tarifas-de-energia>>. Acesso em: Novembro, 2017.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução No 414 – Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica**. Brasília, 2010.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução No 482 – Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**. Brasília, 2012

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 300/2008. **Critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética**. Brasília-DF: ANEEL, 12 fev 2008a.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, **ASHRAE Guideline 14-2002: Measurement of Energy and Demand Savings**, 2002, Atlanta, GA.

Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015: ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015, 62p.

FREIRE, Ian Felisberto - Medição e Verificação em Eficiência Energética- Metodologia para Determinação do Baseline. 2001, 120p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001.

GONÇALVES. J. S. **Critérios para avaliação de eficiência energética de edificações: estudo de caso para UnB – Campus do Gama**. Gama, 2013.

Guia Técnico – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (IBAM / ELETROBRÁS / PROCEL). **Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2004.

International Energy Agency. **Energy Efficiency Market Report 2015 highlights cuts in greenhouse gases from investments in energy efficiency**. Disponível em: < <http://www.iea.org/newsroomandevents/news/2015/october/energy-efficiency-market-report-2015-highlights-cuts-in-greenhouse-gases-.html>>. Acesso em: Novembro, 2017.

JANNUZI, G. M.; SWISHER, J. N. P. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis**. Ed. Autores Associados Ltda. Campinas, São Paulo, 1997.

LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios. Porto Alegre, 2010.

LEITE, F. C. Modelamento da eficiência energética para o gerenciamento no setor industrial pela medição e verificação. 2010. 94p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Manual para elaboração do programa de eficiência energética. Ciclo 2008. Brasília – DF: ANEEL, 2008b.

Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas. Outubro, 2011.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **PVWATTS simulation software.** 2010. Disponível em:

<http://www.nrel.gov/rredc/pvwatts/changing_parameters.html>. Acesso em: jun 2017.

PESSOA, J. L. N.; GHISI, E. **Técnica referente à eficiência luminosa de produtos LED encontrados no mercado brasileiro.** Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, dezembro, 2013.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM – PBE Edifica. Disponível em: <www.pbeedifica.com.br>. Acesso em: Novembro, 2017.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. <www.eletrobras.gov.br/procel/>. Acesso em: nov. 2017

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Guia de medição e verificação. 2007.** Disponível em:

<<http://www.eletrobras.com/pci/guiaMV/>>. Acesso em jun. 2017.

PROTOCOLO INTERNACIONAL PARA MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE PIMVP - Brasil, Rio de Janeiro, INEE, Outubro, 2001, p.11.

SCHILLER, S. E J. S. KROMER. 1998. **Measurement and Verification Protocols – Facts and Fiction, News from the Field.** Proceedings of the 1998 ACEEE Summer Study

ANEXOS

ANEXO A – DADOS MEDIÇÕES ENERGIA 4L - 15/05/2017

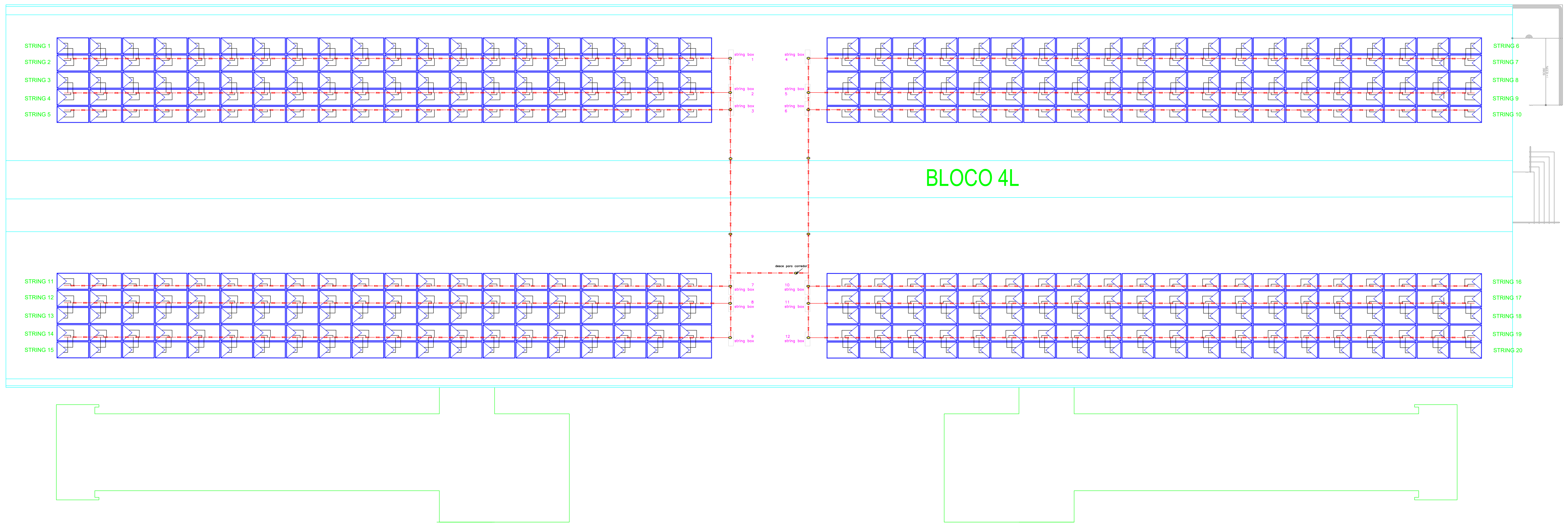
Date	Time	P total average kW	Temp Bulbo Seco °C	População Nº	Geração kW	Consumo Simulado kW
15/5/2017	00:15:00	9,70313	23	0	0	23
15/5/2017	00:30:00	10,3304	23	0	0	23
15/5/2017	00:45:00	10,3108	23	0	0	23
15/5/2017	01:00:00	10,23239	23	0	0	23
15/5/2017	01:15:00	10,78125	23	0	0	23
15/5/2017	01:30:00	10,25199	23	0	0	23
15/5/2017	01:45:00	10,58523	23	0	0	23
15/5/2017	02:00:00	9,82074	23	0	0	23
15/5/2017	02:15:00	11,05568	22	0	0	22
15/5/2017	02:30:00	10,27159	22	0	0	22
15/5/2017	02:45:00	10,58523	22	0	0	22
15/5/2017	03:00:00	10,11477	22	0	0	22
15/5/2017	03:15:00	10,76165	22	0	0	22
15/5/2017	03:30:00	9,89915	22	0	0	22
15/5/2017	03:45:00	9,85994	22	0	0	22
15/5/2017	04:00:00	10,85966	22	0	0	22
15/5/2017	04:15:00	10,23239	21	0	0	21
15/5/2017	04:30:00	9,99716	22	0	0	22
15/5/2017	04:45:00	10,3696	22	0	0	22
15/5/2017	05:00:00	10,56563	21	0	0	21
15/5/2017	05:15:00	10,01676	21	0	0	21
15/5/2017	05:30:00	10,11477	21	0	0	21
15/5/2017	05:45:00	10,56563	20	0	0	20
15/5/2017	06:00:00	9,60511	20	0	0	25
15/5/2017	06:15:00	11,01648	20	5	0	43
15/5/2017	06:30:00	12,60426	22	5	43,2781	68
15/5/2017	06:45:00	43,37983	21	10	88,5298	104
15/5/2017	07:00:00	61,2767	22	20	154,4768	162
15/5/2017	07:15:00	72,88125	22	30	239,0432	229
15/5/2017	07:30:00	59,90455	24	40	328,8609	299
15/5/2017	07:45:00	59,82614	24	50	437,0927	374
15/5/2017	08:00:00	64,13864	25	75	531,1788	458
15/5/2017	08:15:00	69,60767	26	90	634,0541	540
15/5/2017	08:30:00	76,7821	26	110	725,0976	623
15/5/2017	08:45:00	88,68068	27	130	823,0842	704

15/5/2017	09:00:00	105,77386	28	150	898,2155	779
15/5/2017	09:15:00	114,63409	29	160	982,0676	850
15/5/2017	09:30:00	113,65398	29	170	1047,697	909
15/5/2017	09:45:00	115,18295	30	180	1101,9797	973
15/5/2017	10:00:00	123,92557	31	190	1104,7542	1022
15/5/2017	10:15:00	125,18011	31	200	1180,5185	1084
15/5/2017	10:30:00	119,35824	34	210	1200,3569	1127
15/5/2017	10:45:00	119,12301	32	210	1240,1886	1142
15/5/2017	11:00:00	119,61307	33	210	1262,6263	1168
15/5/2017	11:15:00	117,90767	33	200	1269,4613	1166
15/5/2017	11:30:00	122,5142	33	150	1312,7071	1149
15/5/2017	11:45:00	117,61364	34	130	1305,3709	1121
15/5/2017	12:00:00	114,08523	34	100	1320,6887	1112
15/5/2017	12:15:00	101,53977	33	80	1351,5166	1106
15/5/2017	12:30:00	98,26619	34	70	1074,1722	910
15/5/2017	12:45:00	90,85653	32	70	349,9735	350
15/5/2017	13:00:00	84,62301	33	100	696,4437	640
15/5/2017	13:15:00	91,4446	34	120	1149,0199	974
15/5/2017	13:30:00	96,54119	36	150	1338,8956	1176
15/5/2017	13:45:00	95,7767	34	180	1256,6107	1127
15/5/2017	14:00:00	99,40313	37	200	1284,3851	1189
15/5/2017	14:15:00	109,47869	33	210	684,3502	714
15/5/2017	14:30:00	123,16108	34	200	1291,6566	1139
15/5/2017	14:45:00	131,90369	35	190	1146,2896	1043
15/5/2017	15:00:00	137,84318	32	180	601,7239	610
15/5/2017	15:15:00	133,53068	34	170	1058,5118	926
15/5/2017	15:30:00	138,8429	33	160	638,3636	616
15/5/2017	15:45:00	135,51051	33	150	860,8581	746
15/5/2017	16:00:00	130,45313	33	140	502,7677	508
15/5/2017	16:15:00	131,80568	32	130	406,229	438
15/5/2017	16:30:00	124,25881	32	120	500,0067	499
15/5/2017	16:45:00	124,35682	32	110	318,1212	356
15/5/2017	17:00:00	126,88551	32	80	301,596	313
15/5/2017	17:15:00	122,35739	31	50	207,2121	223
15/5/2017	17:30:00	123,20028	31	40	120,6026	158
15/5/2017	17:45:00	122,02415	30	30	36,4356	102
15/5/2017	18:00:00	114,94773	30	20	0	63
15/5/2017	18:15:00	96,97244	29	20	0	51
15/5/2017	18:30:00	81,8983	29	20	0	49
15/5/2017	18:45:00	53,14176	28	20	0	48
15/5/2017	19:00:00	35,3233	27	20	0	47
15/5/2017	19:15:00	30,63835	26	20	0	46
15/5/2017	19:30:00	31,24602	26	20	0	46
15/5/2017	19:45:00	27,89403	26	20	0	46
15/5/2017	20:00:00	26,42386	25	0	0	25
15/5/2017	20:15:00	24,03239	25	0	0	25

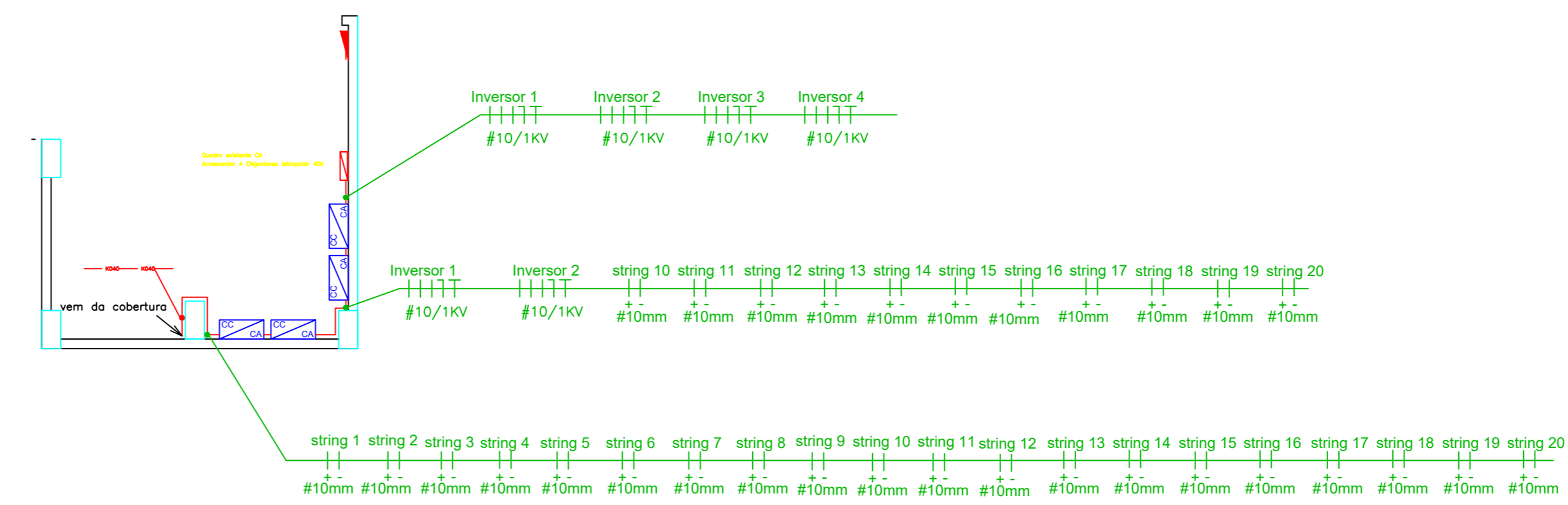
15/5/2017	20:30:00	22,52301	24	0	0	24
15/5/2017	20:45:00	22,87585	24	0	0	24
15/5/2017	21:00:00	20,50398	24	0	0	24
15/5/2017	21:15:00	19,8179	23	0	0	23
15/5/2017	21:30:00	14,85852	23	0	0	23
15/5/2017	21:45:00	14,44687	23	0	0	23
15/5/2017	22:00:00	15,46619	23	0	0	23
15/5/2017	22:15:00	12,64347	23	0	0	23
15/5/2017	22:30:00	14,32926	23	0	0	23
15/5/2017	22:45:00	13,87841	23	0	0	23
15/5/2017	23:00:00	13,8	23	0	0	23
15/5/2017	23:15:00	13,97642	22	0	0	22
15/5/2017	23:30:00	13,48636	23	0	0	23
15/5/2017	23:45:00	13,42756	22	0	0	22

ANEXO B – PROJETO USINA FOTOVOLTAICA

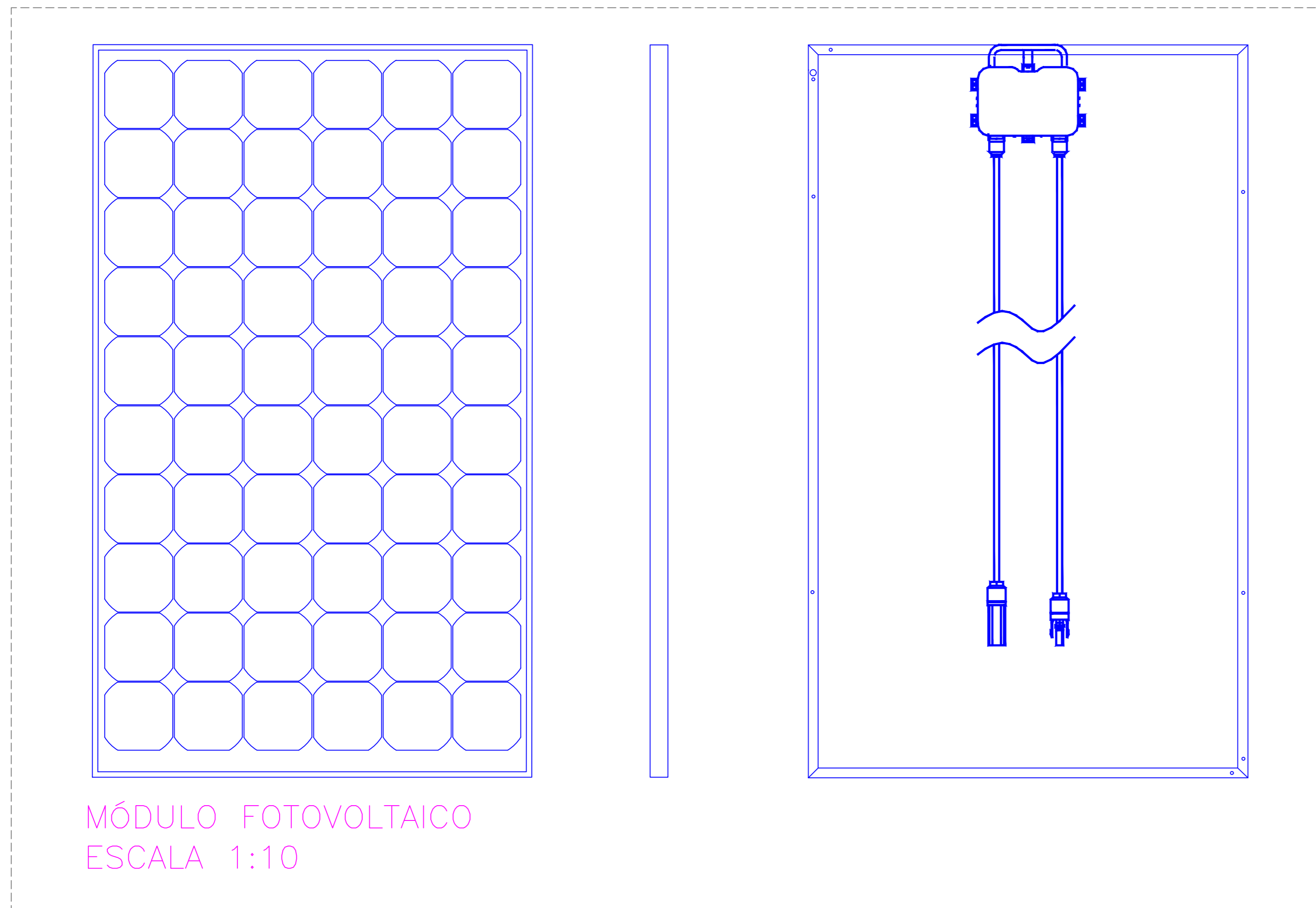
2 (duas) Folhas A0



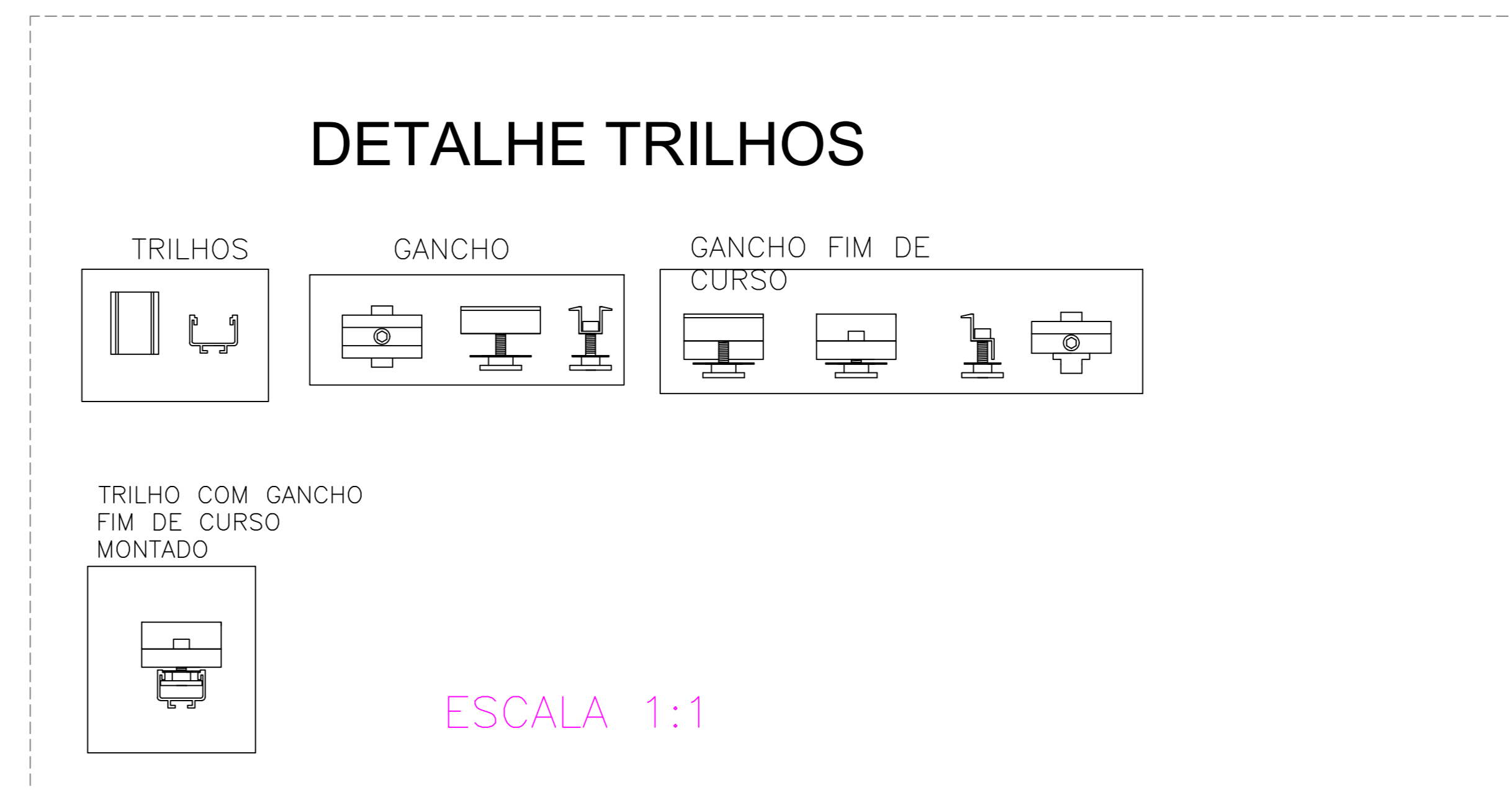
ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS
ESCALA 1:75



ELÉTRICO CORREDOR 3º PAVIMENTO
ESCALA 1:75



MÓDULO FOTOVOLTAICO
ESCALA 1:10



DETALHE TRILHOS

ESCALA 1:1

NOTAS

- CORES DA FAIXA: FASES: VERMELHO, PRETO E BRANCO; NEUTRO: AZUL; RETORNO: AMARELO OU VERDE.
- USAR ABRAÇADEIRA TIPO D COM CLAVIA A CADA 1,5 METROS.
- TODO ELETRODUTO AO CHEGAR A ELETRICIDADE DEVE RECEBER BUCHA E ARRUELA DE ALUMINIO.
- TODOS OS CIRCUITOS (LAÇOS DE STRING) DEVEM SER IDENTIFICADOS COM AMELHAS.
- IDENTIFICAR NO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO OS CIRCUITOS.
- AS CONDIÇÕES DEVEM SER ESTABILIZADAS E ISOLADAS COM FITA DE AUTO FUSÃO SEGUIDA DE FITA ISOLANTE COMUM.
- TODOS OS ACESSÓRIOS DOS PERFILADOS DEVEM SER INDUSTRIALIZADOS.
- FAIXÃO NÃO COTAR 6mm ISOLAÇÃO 1kV.
- TUBULAÇÃO NÃO COTAR 32mm, AÇO GALVANIZADO A FOGO.
- NÃO USAR CABO DE NEUTRO COMO TERRA.
- TODAS AS TOMADAS SÃO DO TIPO 2P+T 10 AMPERES NBR14136.
- CRIAR NO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO UM BARRAMENTO DE TERRA.
- TODA A FAIXA É DE CABO DE COBRE FLEXÍVEL.
- TODOS OS CONDULETES SÃO DE ALUMINIO DO TIPO SEM ROSCA.
- INSTALAR NOS QUADROS PARA-RAIOS ELETRONICO DA CLAMPER.
- OS ELETRODUTOS E PERFILADOS DEVEM CORRER PARALELOS AOS ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO.
- TODO CIRCUITO DEVE POSSUIR TERRA, CONFORME NBR5410 DE 2004.
- O CABO DE TERRA PODE SER COMUM A VÁRIOS CIRCUITOS.
- ELETRODUTO QUE FOR DEIXAR DE PERFILADO UTILIZAR SADA LATERAL.
- O EMPREITEIRO DEVERÁ ENTREGAR UM "AS BUILT" (COMO CONSTRUÍDO).

REVISÃO	DATA	OBSERVAÇÕES



TÍTULO: **PROJETO ELÉTRICO SISTEMA FOTOVOLTAICO**
 LOCAL: BLOCO 4L – HOSPITAL ODONTOLÓGICO – CAMPUS UBERÁRAMA
 PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 RT EXECUÇÃO: A SER CONTRATADO
 CONTEM: DETALHE LIGAÇÃO MÓDULOS; DETALHE SALA TÉCNICA; DETALHE TRILHOS E GANCHOS
 NOTAS; LEGENDAS.
 RT PROJETO: DOUGLAS BULEGON TSUKAMOTO
 CREA 201092/D
 DESENHO: DOUGLAS B TSUKAMOTO
 DATA: 07 / 2017
 ESCALA: 1/75
 FOLHA: 40
 DE 01/02

COMPONENTE: **INVERSOR PARA MÓDULO FOTOVOLTAICO**

INFLUÊNCIAS EXTERNAS:

Entrada
 Max corrente de entrada (I_{dc max}) 47,7 A
 Max corrente curta-circuito 77,6 A
 Min tensão de entrada (U_{dc min}) 550 V
 Freq_{in} tensão de entrada (U_{dc start}) 650 V
 Tensão nominal de entrada (U_{dc}) 600 V
 Max tensão de entrada (U_{dc max}) 1.000 V
 Faltas de tensão MPPT (U_{mppt min} - U_{mppt max}) 500 - 650 V
 Número de rastreadores MPPT
 Número de conexões CC 4

Saída
 Tensão nominal de saída (P_{ac}) 27.000 W
 Max potência de saída 27.000 VA
 Max corrente de saída (I_{ac nom}) 380 A
 Conexão à rede (tensão de tensão) 3-FASE 380 V / 220 V ou 3-FASE 400 V / 230 V (+20% / -30%) (TRIFÁSICO 380V)
 Freqüência 50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
 Distribuição harmônica total < 2,0 %
 Fator de potência (cos φ) 0,9 - 1 ind. / cap.

Gerais
 Design do inversor: Sem transformador
 Resfriamento: Resfriamento de ar comprimido
 Instalação: Montagem interna e externa
 Faixa de temperatura ambiente: -25 - +40°C
 Umidade relativa permissível < 100 %

Proteção
 Modificação de isolamento CC: Sim
 Comportamento de sobrecarga: Mudança de ponto de operação, limitação de potência
 Disjuntor CC: Sim
 Proteção fusíveis de suporte integrado (Fusível não incluso) / DPS para CC incluídos

INSPEÇÃO FINAL (VISTORIA)

COMPONENTE: **INVERSOR PARA MÓDULO FOTOVOLTAICO**

INFLUÊNCIAS EXTERNAS: AA4, AA8, AC1, AD1, AD2, AD4, AD5, AD7, AD11, AD11, AL1, AM1-2, AM2-1, AM3-1, AM4, AM5, AM6, AM7, AM8-2, AM9-2, AM21, AM22-4, AM23-2, AM24-2, AM25-1, AM31-2, AM41-1, AN1, AN2, AR1, AS1 e BAS.

Principais recursos dos painéis
 Confiabilidade aprimorada com a tecnologia de célula de 5 barras
 Eficiente eficiência do módulo de até 18,9%
 Excepcional desempenho de baixa irradiação > 96 %
 Caixa de derivação IP67, resistência de longo prazo ao clima
 Carga de neve pesada de até 5.400 Pa carga de vento de até 2.400 Pa

Informações dos painéis em STC
 Potência nominal máx (P_{max}) 325W
 Tensão operacional ideal (V_{mp}) 37V
 Corrente operacional ideal (I_{mp}) 8,78A
 Tensão de circuito aberto (V_{oc}) 45,5 V
 Tensão de curto circuito (I_{sc}) 9,34 A
 Eficiência do módulo 16,72%
 Temperatura operacional -40 °C - +85 °C
 Tensão máxima do sistema 1.000 V (IEC) ou 1.000 V (UL)
 Desempenho do módulo TIPO 1 (UL 1703) ou contra incêndio CLASSE C (IEC 61730)
 Classificação máx. de fusíveis da série 15 A
 Classificação da aplicação Classe A
 Tolerância de potência 0 + 5 W

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA
 Coeficiente de temperatura(P_{max}) -0,41 % / °C
 Coeficiente de temperatura(V_{oc}) -0,31 % / °C
 Coeficiente de temperatura(I_{sc}) 0,053 % / °C
 Temperatura nominal da célula 45±2°C

SECURANÇA E NORMAS EMC: EN 50178, EN62109-1, EN62109-2, AS/NZS3100, AS/NZS 60950, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12
NORMAS: CEI 0-21, CEI 0-16, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 1025, 059/3, C10/11, RD1699, RD 1565, AS 4777, BDEW, ABNT NBR 16149, NRS-097-2-1, CLC/FprTs 50549, PEA, MEA
MARCAS:
REFERÊNCIA:
LOCAIS DE APLICAÇÃO: AMBIENTES INTERNOS

ORIENTAÇÕES DE EXECUÇÃO:
 NECESSÁRIO UTILIZAÇÃO DE EPI CONFORME NR10
 CHECAR A POLARIDADE CORRETA UTILIZANDO VOLTIMETROS

INSPEÇÃO FINAL (VISTORIA)

COMPONENTE: **MÓDULO FOTOVOLTAICO**

INFLUÊNCIAS EXTERNAS: AA4, AA8, AC1, AD1, AD2, AD4, AD5, AD7, AD11, AD11, AL1, AM1-2, AM2-1, AM3-1, AM4, AM5, AM6, AM7, AM8-2, AM9-2, AM21, AM22-4, AM23-2, AM24-2, AM25-1, AM31-2, AM41-1, AN1, AN2, AR1, AS1 e BAS.

Principais recursos dos painéis
 Confiabilidade aprimorada com a tecnologia de célula de 5 barras
 Eficiente eficiência do módulo de até 18,9%
 Excepcional desempenho de baixa irradiação > 96 %
 Caixa de derivação IP67, resistência de longo prazo ao clima
 Carga de neve pesada de até 5.400 Pa carga de vento de até 2.400 Pa

Informações dos painéis em STC
 Potência nominal máx (P_{max}) 325W
 Tensão operacional ideal (V_{mp}) 37V
 Corrente operacional ideal (I_{mp}) 8,78A
 Tensão de circuito aberto (V_{oc}) 45,5 V
 Tensão de curto circuito (I_{sc}) 9,34 A
 Eficiência do módulo 16,72%
 Temperatura operacional -40 °C - +85 °C
 Tensão máxima do sistema 1.000 V (IEC) ou 1.000 V (UL)
 Desempenho do módulo TIPO 1 (UL 1703) ou contra incêndio CLASSE C (IEC 61730)
 Classificação máx. de fusíveis da série 15 A
 Classificação da aplicação Classe A
 Tolerância de potência 0 + 5 W

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA
 Coeficiente de temperatura(P_{max}) -0,41 % / °C
 Coeficiente de temperatura(V_{oc}) -0,31 % / °C
 Coeficiente de temperatura(I_{sc}) 0,053 % / °C
 Temperatura nominal da célula 45±2°C

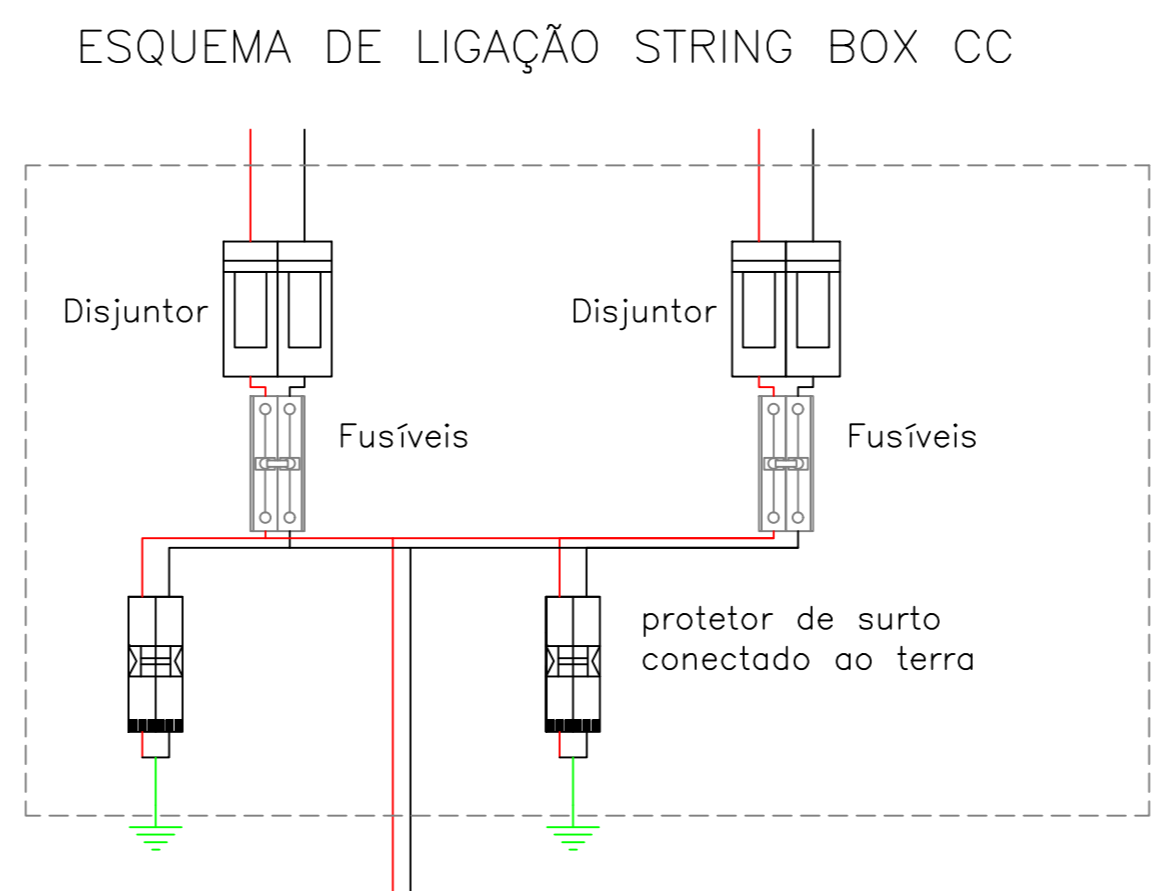
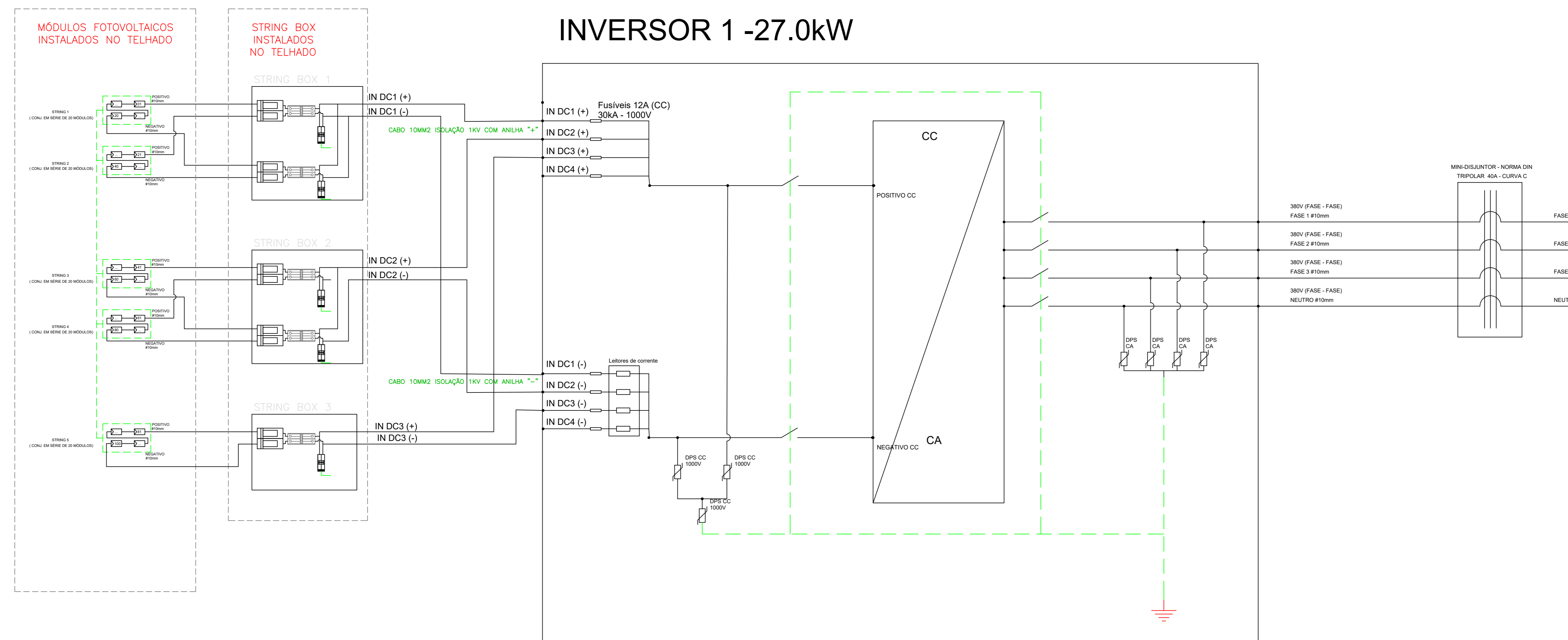
NORMAS: UL 1703 e UL1703, CEC, FSEC, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, SAB000 e certificado por TÜV Rheinland

REFERÊNCIA:

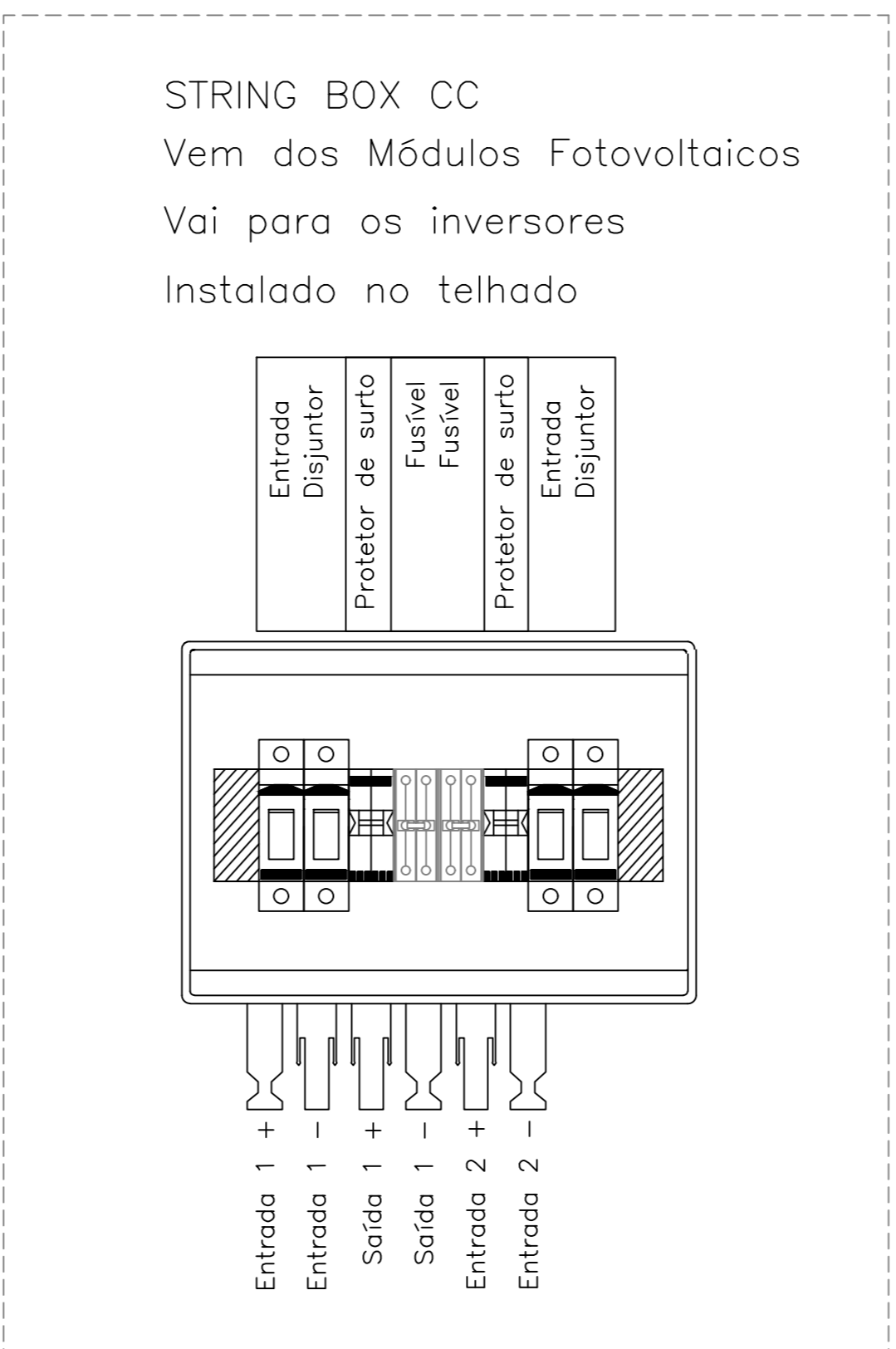
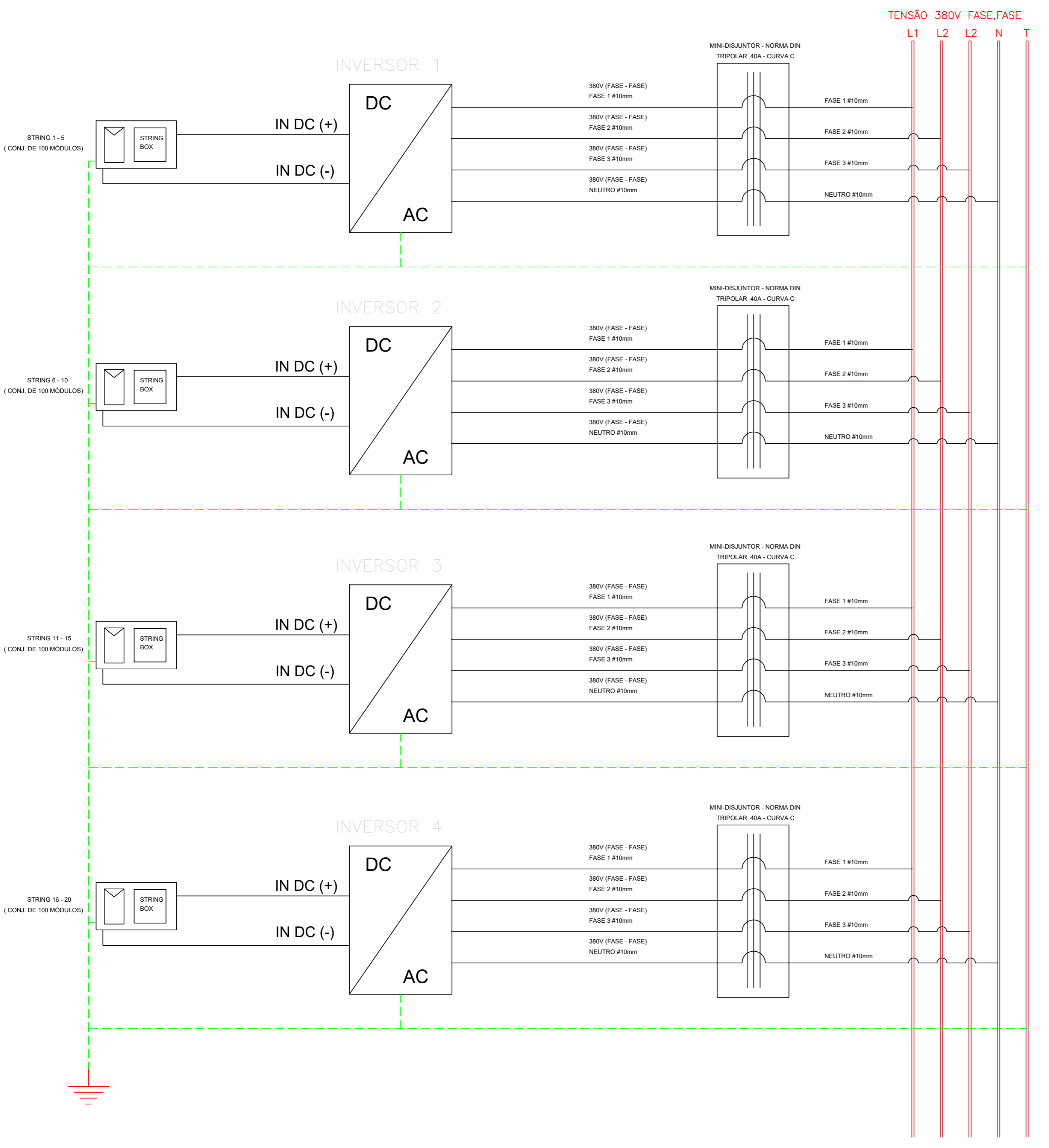
LOCAIS DE APLICAÇÃO: TELHADOS OU CAMPO ABERTO
 SUJEITA A INTERFERIAS

ORIENTAÇÕES DE EXECUÇÃO:
 ESTAR BEM FIXADO EM SUPORTE GALVANIZADO

INSPEÇÃO FINAL (VISTORIA)

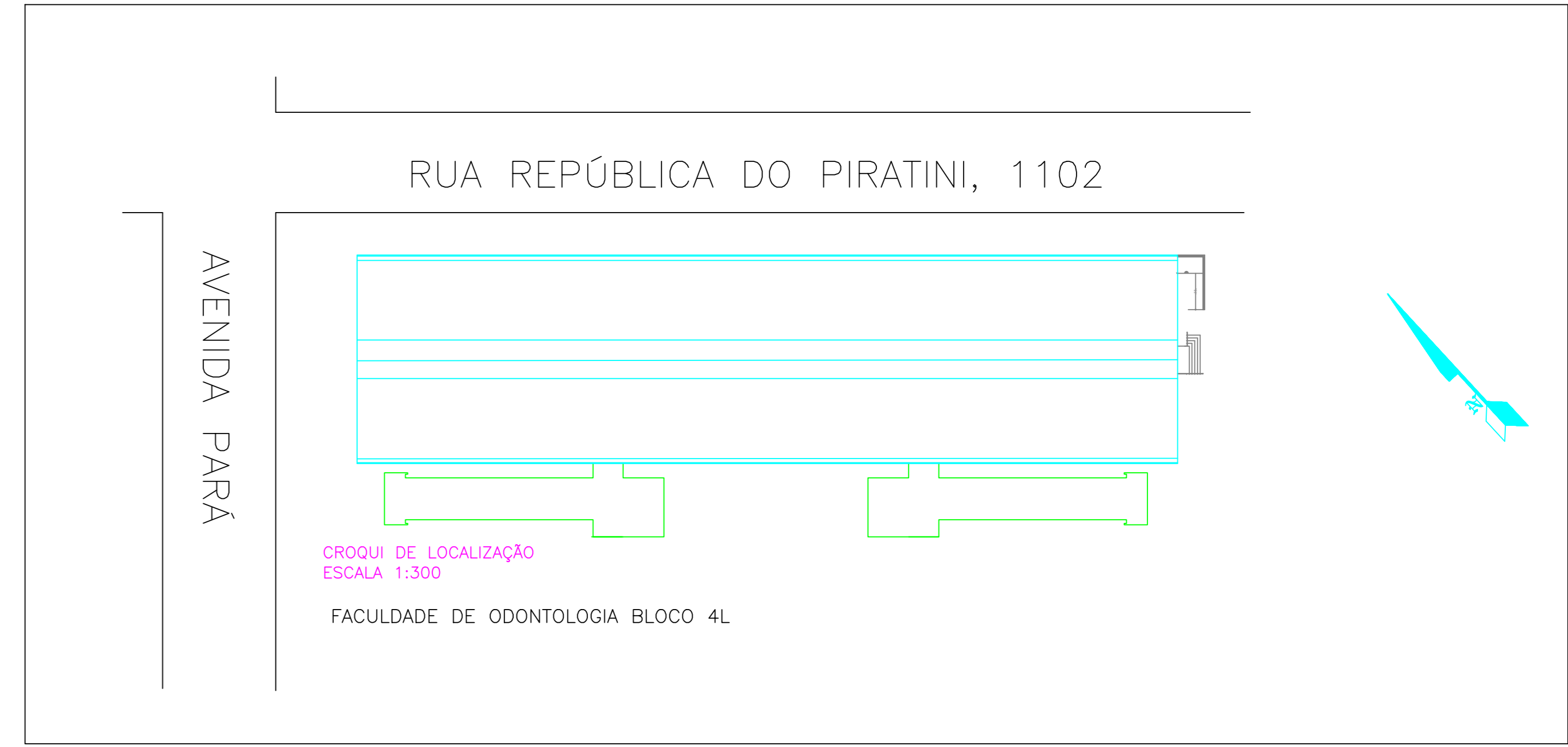


Montados em IP 55
 (Para uso abrigado)
 Ou aço galvanizado IP 65
 (Para uso ao tempo)



LEGENDA/LISTA ESTIMADA

Disjuntor 30A 1000V	1
Fusível 12A CC	1
Fusível 15A CC	1
Protetor de surto 1000V	1
Protetor de surto 30kV	1
Disjuntor 30A 1000V	1
Fusível 15A CC	1
Fusível 12A CC	1
Protetor de surto 1000V	1
Protetor de surto 30kV	1
Disjuntor 30A 1000V	1
Fusível 15A CC	1
Fusível 12A CC	1
Protetor de surto 1000V	1
Protetor de surto 30kV	1
Disjuntor 30A 1000V	1
Fusível 15A CC	1
Fusível 12A CC	1
Protetor de surto 1000V	1
Protetor de surto 30kV	1
Disjuntor 30A 1000V	1
Fusível 15A CC	1
Fusível 12A CC	1
Protetor de surto 1000V	1
Protetor de surto 30kV	1
Disjuntor 30A 1000V	1
Fusível 15A CC	1
Fusível 12A CC	1
Protetor de surto 1000V	1
Protetor de surto 30kV	1



REVISÃO	DATA	OBSERVAÇÕES

TÍTULO: PROJETO ELÉTRICO SISTEMA FOTOVOLTAICO

LOCAL: BLOCO 4L - HOSPITAL ODONTOLÓGICO - CAMPUS UMBURAMA

PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

RT EXECUÇÃO: A SER CONTRATADO

CONTEÚDO: DIAGRAMA DE LIGAÇÃO DOS INVERSORES E DAS STRING BOX, CROQUI DE LOCALIZAÇÃO, ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E LEGENDA

RT PROJETO: DUDAS BULLON TSUKAMOTO
DESENHO: DUDAS B
DATA: 07 / 2017
ESCALA: INDICADA
FOLHA: 40
TOTAL: 02/02

PLANTAS
 20x1
 1 - 0,2
 2 - 0,05
 3 - 0,2
 4 - 0,1
 5 - 0,4
 6 - 0,2
 7 - 0,4
 8 - 0,05
 9 - 0,254