



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

KAIO VÍTOR GONÇALVES DE FREITAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

VITÁLIS ENERGIA LTDA

Campina Grande, Paraíba.
Dezembro de 2019

VITÁLIS ENERGIA LTDA

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrotécnica.

Kaio Vítor Gonçalves de Freitas
Orientando

Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.
Orientador

Campina Grande, Paraíba.
Dezembro de 2019

*Dedico esse trabalho à minha mãe, Taciana, como uma forma de fazê-la sentir
prestígio e orgulho em detrimento de todo esforço, carinho e amor doado a mim
durante esses últimos 24 anos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a mim, por todo esforço doado durante esses 5 anos de graduação seguidos da persistência na ideia de que, sendo o homem o único na natureza com a consciência da morte, fazer da vida uma luta digna de um ser eterno é a máxima expressão da dignidade humana.

Porém, nem um otimista compulsivo pensaria em realizar tal feito sem a companhia de pessoas que reafirmem o sentido de toda luta, tanto na rotina de estudos, quanto fora dela, e merecem destaque nesses agradecimentos.

Agradeço a toda minha família materna, em especial meus pais Taciana e Sergio, e paterna, Geraldo, Lucy e Lílian, por participarem da minha rotina e motivarem cada passo dado das minhas ambições.

Aos amigos presentes das brincadeiras da infância às trocas de experiências e risadas nas mesas de bar, em destaque Lucas Albuquerque, Dário Coutinho, Pedro Matheus, Rafael Lucena, Carlos Ramalho, Bruna Marinho, e um amigo que guardo, com fervor, na memória, Thiago Marinho.

Apesar disso, surgiram amigos durante o curso de graduação que pretendo manter vínculo para o resto da vida. Entre eles, Rafael Paiva, Josué Marcos, Isaac Emmanuel, Jandilson Almeida, Tamires Santos e, pela companhia e apoio na realização desse trabalho durante o meu período de estágio, Kaique Goes, Edvaldo Ângelo e Maurício de Siqueira.

Por fim, enorme gratidão ao professor Jalberth por ter me servido de inspiração tanto profissional quanto pessoal, por conta de sua ética e esforço em sala de aula, oportunidades de projetos acadêmicos e conselhos sobre perspectivas de futuro.

*“Eu devia estar contente
Por ter conseguido tudo que eu quis
Mas confesso, abestalhado
Que eu estou decepcionado*

*Porque foi tão fácil de conseguir
E agora eu me pergunto ‘e daí?’
Há uma porção de coisas grande
Pra eu conquistar
E eu não posso ficar aí parado.”*

Raul Santos Seixas

RESUMO

Neste relatório são descritas as atividades desenvolvidas pelo estudante Kaio Vítor Gonçalves de Freitas, graduando em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande, durante o período que realizou estágio na Vitális Energia LTDA. O estágio teve uma duração de 1182 horas, sendo realizado de 28 de fevereiro de 2019 a 30 de novembro de 2019. No local, o estudante foi supervisionado por Edvaldo Ângelo da Costa Júnior, coordenador do setor de engenharia, e realizou as seguintes atividades: elaboração de planilhas e relatórios de medição e verificação dos projetos de eficiência energética capitaneados pelas distribuidoras de energia elétrica e depositados para aprovação da ANEEL, gerenciamento das medições de grandezas elétricas em sistemas motrizes e condicionadores de ar, auxílio nas propostas de projetos de eficiência energética, simulações luminotécnicas e fotovoltaicas e acompanhamento e elaboração de relatório de geração das usinas fotovoltaicas. Para a realização das atividades, as disciplinas Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas, Geração de Energia e Gerenciamento de Energia, do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, foram de fundamental importância. Ao término do estágio, o estudante conseguiu desenvolver as habilidades técnicas, de trabalho em equipe, proatividade e descentralização na tomada de decisão.

Palavras-chave: ANEEL, climatizadores, eficiência, energia, fotovoltaico, sistemas de iluminação, medição, sistemas motrizes.

ABSTRACT

This work describes the activities developed by the student Kaio Vítor Gonçalves de Freitas, undergraduate in Electrical Engineering at the Federal University of Campina Grande, during his internship at Vitális Energia LTDA. The internship lasted 1182 hours from February 28, 2019 to November 30, 2019. The student was supervised by Edvaldo Ângelo da Costa Júnior, coordinator of the engineering sector, and performed the following activities: preparation of M&V (Measurement and Verification) report and worksheet of the energy efficiency projects captained by the electricity distributors and deposited for ANEEL's approval, management of the measurements of electrical quantities in engine systems and air conditioners, assistance in the proposals of energy efficiency projects, light and photovoltaic simulations and monitoring and reporting of generation of photovoltaic plants. For the accomplishment of the activities, the subjects Electrical Systems, Electrical Installations, Power Generation and Energy Management, of the Electrical Engineering Course of the Federal University of Campina Grande, were of fundamental importance. At the end of the internship, the student was able to develop technical skills, teamwork, proactivity and decentralization in decision making.

Key-words: ANEEL, air conditioners, efficiency, energy, photovoltaic, lighting systems, measurement, engine systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Logo da Vitális Energia.....	14
Figura 2: Certificação ISO 9001:2015.....	15
Figura 3: Diagrama de dispersão entre a geração e radiação solar.....	26
Figura 4: Resultado da CPP de 2019 da Energisa PB.....	29
Figura 5 - Resolução Homologatória N° 2314.....	30
Figura 6: Horímetro Instalado.....	31
Figura 7: Alicates Wattímetro durante as medições.....	32
Figura 8: Medidor inteligente instalado em um climatizador.....	34
Figura 9: Medição em um motor de prensa.....	34
Figura 10: Simulação fotovoltaica do IFSP Boituva.....	35
Figura 11: Gráfico de correlação com 90 dados.....	36
Figura 12: Gráfico de correlação com 86 dados.....	37
Figura 13: Determinação da regressão linear.....	37
Figura 14: Modelo de <i>slide</i> utilizado na apresentação dos treinamentos.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis do CEE e CED.....	21
Tabela 2: Valores padrões da distribuição normal.....	23
Tabela 3: Medições da Linha de Base em Monteiro/ PB.....	32
Tabela 4: Medições do Sistema Proposto em Monteiro/ PB.....	33
Tabela 5: Dados das exposições das placas fotovoltaicas.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AEE	Ação de Eficiência Energética
CED	Custo Unitário Evitado de Demanda
CEE	Custo Unitário Evitado de Energia
CPP	Chamada Pública de Projetos
ESCO	Companhia de Serviços de Energia (<i>Energy Services Company</i>)
FRC	Fator de Recuperação de Capital
M&V	Medição & Verificação
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição & Verificação de Performance
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
RCB	Relação Custo Benefício

SUMÁRIO

1	Introdução	12
1.1	Objetivos	12
1.2	Organização do texto.....	13
2	Empresa	14
3	Fundamentação Teórica.....	17
3.1	Fluxograma do Programa de Eficiência Energética	18
3.2	Cálculo da Viabilidade	19
3.3	Custos Unitários de Demanda e Energia Evitados	20
3.4	Fator de Recuperação de Capital	21
3.5	Técnica de Amostragem.....	22
3.6	Gerenciamento das Medições.....	23
3.6.1	Iluminação	24
3.6.2	Usina Fotovoltaica	24
4	Atividades Desenvolvidas.....	28
4.1	Submissão de projetos	28
4.1.1	Prospecção de Clientes.....	28
4.1.2	Valoração dos benefícios	29
4.2	Medição de Grandezas Elétricas	30
4.2.1	Coleta de dados	31
4.2.2.1	Iluminação.....	31
4.2.2.2	Climatização.....	33
4.2.2.3	Motriz.....	34
4.2.2.4	Usina Solar Fotovoltaica	34
4.3	Aplicação do Gerenciamento das Medições da Usina Fotovoltaica	36
4.4	Demandas Internas com as Distribuidoras de Energia	38
5	Considerações Finais	39
	Referências	40

1 INTRODUÇÃO

Neste relatório são descritas as atividades realizadas durante o estágio integrado do aluno Kaio Vítor Gonçalves de Freitas, graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O estágio foi realizado na Vitális Energia, durante o período de 28 de fevereiro 2019 até 30 de novembro de 2019, com uma carga horária total de 1182 horas sob supervisão do engenheiro Edvaldo Angelo da Costa Júnior.

O estágio no final do curso é obrigatório, e seu cumprimento é requisito para conclusão do curso e obtenção de diploma de bacharel em engenharia elétrica. O estágio, sendo realizado próximo ao fim do curso, proporciona ao estudante concluinte um contato direto com o mercado de trabalho por meio da prática profissional onde o aluno irá pôr em exercício os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante os anos de graduação, possibilitando o desenvolvimento de habilidades e aptidões necessárias para um engenheiro, as quais são fundamentais para a sua atuação na sociedade.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal do estagiário foi obter capacitação de desenvolver projetos de eficiência energética no escopo do Programa de Eficiência Energética, que exige habilidades técnicas, matemáticas, estatísticas e financeiras. Dentre as atividades, podem-se destacar as seguintes:

- Elaboração de planilhas e relatórios de Medição e Verificação (M&V) dos projetos de eficiência energética;
- Gerenciamento das medições de grandezas elétricas em sistemas motrizes e condicionadores de ar;
- Auxílio nas propostas de projetos de eficiência energética em conformidade com o Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica;
- Simulações luminotécnicas e fotovoltaicas;
- Acompanhamento e elaboração de relatório de geração das usinas fotovoltaicas;
- Visitas técnicas acompanhadas do responsável técnico.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, descritos a seguir. No Capítulo 1 é apresentada a introdução do trabalho e a estrutura do relatório. No Capítulo 2 será realizado a apresentação da empresa onde está realizado o estágio, a partir de sua história, missão e valores. No Capítulo 3 a fundamentação teórica será apresentada, dando embasamento teórico a respeito do Programa de Eficiência Energética da ANEEL, bem como seu fluxograma e principais conceitos para entendimento dos cálculos de viabilidade. No Capítulo 4 serão apresentadas as atividades desenvolvidas pelo estudante durante toda a vigência do estágio. Já no Capítulo 5, serão apresentadas as conclusões, para que, por fim, sejam apresentadas as referências.

2 EMPRESA

A Vitális Energia, fundada em 17 de abril de 2012, fica situada em Vinhedo/ SP, sendo o estágio realizado na sua própria sede, no setor de eficiência energética. A Vitális é uma empresa criada com objetivo de comercializar produtos e de prestar serviços que proporcionem para seus clientes reduções nos consumos energéticos e/ou viabilizem a utilização de energia renováveis, de forma a agregar valor e qualidade em todos os processos para desenvolvimento sustentável da empresa, de seus colaboradores, do segmento de atuação, de seus clientes e parceiros de negócio. A logo da empresa pode ser vista na Figura 1.

Figura 1: Logo da Vitális Energia.



Fonte: Vitális Energia (2013).

Todas as atitudes, decisões e iniciativas são direcionadas de acordo com o código de conduta da empresa, que são:

- Atitudes transparentes e dentro de preceitos éticos;
- Contínuo aprendizado e desenvolvimento;
- Inovação, criatividade e agilidade como diferenciais competitivos permanentes;
- Comprometimento com resultados diferenciados aos clientes;
- Valorização do capital humano;
- Respeito, responsabilidade e honestidade em todas as relações construídas;
- Geração e valorização dos relacionamentos de longo prazo;
- Qualidade e segurança em todos os processos;
- Respeito às leis, aos direitos humanos, às minorias e ao meio ambiente.

Apesar disso, a Vitális Energia Eficiente é a primeira empresa de Eficiência Energética acreditada ISO 9.001:2015 (Iluminação, Aquecimento Solar e Geração Solar Fotovoltaica), conforme a Figura 2.

Figura 2: Certificação ISO 9001:2015.



Os principais clientes da empresa são as próprias distribuidoras de energia elétrica, uma vez que a Vitális Energia participa das Chamadas Públicas de Projetos (CPP) aos moldes do Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL, que será fundamentado no capítulo 3 deste trabalho.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O consumo e os custos de energia vêm aumentando progressivamente ao longo dos últimos anos, sendo grande parte estimulada pelo crescimento econômico dos países em desenvolvimento (IEA, 2008).

O grande dilema energético consiste em não permitir o aumento descontrolado da demanda energética, uma vez que o impacto disso na segurança, nos custos e no planeta seria impraticável, considerando, também, que não é possível reduzir o perfil de consumo, por conta dos impactos que isso causaria nas economias dos países e no padrão de vida da sociedade (MOREIRA, 2017).

Por conseguinte, a eficiência energética é uma solução que permite atender níveis necessários de conforto e produtividade com menor custo e menos pressão sobre recursos e infraestruturas (BARROS et al., 2015). O incentivo de sua prática se dá, também, ao fato de que 1MWh conservado custa 75% do preço de 1MWh gerado. Logo, é mais viável investir em redução nos pontos de consumo do que em expansão da geração.

Atualmente, o Programa de Eficiência Energética (PEE) é a principal política de eficiência energética praticada no Brasil, atuando por meio das Chamadas Públicas de Projetos (CPP), por meio da determinação da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que impõe às distribuidoras de energia aplicar meio por cento da receita operacional líquida para elaboração e execução de projetos que promovam o uso eficiente de energia elétrica em todos os setores da economia, segundo a Agência Nacional de Engenharia Elétrica (ANEEL).

As CPP são realizadas anualmente pelas distribuidoras, em que são apresentados projetos de eficiência energética por empresas do ramo *Energy Services Company* (ESCO) para consumidores dentro da área de concessão das distribuidoras em específico. As CPP são regidas por editais, que existem para parametrizar critérios e tornar justa a decisão de projetos e consumidores beneficiados pelo PEE.

São usos finais passíveis de ações de eficiência os sistemas de iluminações internas e externas, sistemas de climatização, motores, compressores de ar, refrigeradores. Nesse mesmo contexto, são sistemas passíveis de implementação junto às ações de eficiência, as usinas solares fotovoltaicas, aquecedores solar e inversores de frequência.

Desde 2013, o programa é regido pelos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, contendo 10 módulos elaborados pela ANEEL e dirigido às distribuidoras de energia para elaboração e execução de projetos no PEE.

3.1 FLUXOGRAMA DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Só poderão ser aplicados recursos do PEE para projetos de seguintes tipologias: industrial, comércio e serviços, poder público, serviços públicos, rural, residencial e iluminação pública (ANEEL, 2013). Para o caso de entidades públicas, todo aporte econômico é dado pela distribuidora, enquanto para órgãos privados, o custo é proveniente da distribuidora até a execução total do projeto para que, no fim, os custos envolvidos com as ações de eficiência energética sejam retornados à distribuidora por meio do pagamento do valor proporcional de economia de energia de cada fatura de energia da unidade consumidora com correções monetárias porém sem incidência de juros, que justifica a viabilidade de adequação ao programa por qualquer órgão.

As etapas do programa são listadas da seguinte forma:

- Seleção. Inicia-se com uma CPP, ou por ação própria da distribuidora (como a Carta Convite), para que as empresas proponentes avaliem em cada instalação as ações de eficiência energética viáveis para a unidade consumidora que desejam beneficiar, por meio de um pré-diagnóstico para que possa ser feito um acordo entre a proponente e o consumidor final e submissão da proposta;
- Definição. Os projetos selecionados para implantação passam à fase de diagnóstico, que deve apresentar um relatório contendo a descrição detalhada de cada ação de eficiência energética e sua implantação, assim como o valor do investimento, economia de energia relacionada, análise de viabilidade e estratégia de medição e verificação;
- Execução. A primeira etapa dessa fase consiste em medições no campo, definição do consumo no período de referência e elaboração do plano de medição e verificação (Plano de M&V). Em seguida, faz-se a implementação das ações de eficiência energética;

- Verificação. Após o comissionamento das ações implementadas, inicia-se o período de determinação da economia segundo o Plano de M&V definido;
- Relatório final. Nessa fase, o relatório de auditoria contábil, relatório final do projeto e o relatório de M&V devem ser enviados à ANEEL.

3.2 CÁLCULO DA VIABILIDADE

O grande propósito do PEE é atingir a eficiência em duas óticas, a do sistema, por meio da valoração da energia economizada e demanda na ponta reduzida pelo custo marginal de expansão do sistema de geração, transmissão e distribuição nacional de energia, e pela ótica do consumidor, valorando essas grandezas pelo preço na sua fatura de energia.

Alguns critérios são de extrema importância para a submissão do projeto. Entre eles, o mais importante é:

- Relação Custo Benefício (RCB) que ele proporciona. O custo considerado são os aportes feitos para a sua realização, que podem ser do PEE, do consumidor ou de terceiros. Enquanto o benefício é a valoração da energia economizada e da redução da demanda na ponta durante a vida útil do projeto para o sistema elétrico.

Assim, para avaliação do projeto, é considerada a ótica do sistema elétrico, exceto no caso de instalação de centrais geradoras de energia elétrica, como a usina fotovoltaica que será vista nesse trabalho, em que se pode tomar como referência o preço efetivamente pago pelo consumidor.

O cálculo deve ser feito a partir das equações (1) e (2):

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T}, \quad (1)$$

$$BA_T = BA_{CG} + BA_{EE}. \quad (2)$$

Em que CA_T é o custo anualizado total (R\$/ano) e BA_T é o benefício anualizado total (R\$/ano), dado pela soma do BA_{CG} , benefício anualizado da central geradora (R\$/ano), e BA_{EE} , benefício anualizado das ações de eficiência energética (R\$/ano).

Nesse mesmo contexto, para consumidores sem fins lucrativos, é definido que a RCB do projeto na ótica do sistema não pode ultrapassar 0,75 (CPFL, 2018). Para projetos

com fins lucrativos o investimento retorna à distribuidora não só em economia de energia e demanda na ponta como também financeiramente, algumas distribuidoras flexibilizam esse valor para até 0,85 no edital da Chamada Pública (CPFL, 2018). No caso de projetos com mais de uma ação de eficiência energética, é permitido que a relação esteja acima do limite para alguns dos sistemas isolados, desde que a relação custo benefício do sistema, dada pela média ponderada de cada RCB, respeite o limite superior de 0,75 (ANEEL, 2013).

Logo, esse critério deve ser utilizado em dois tipos de avaliação, que são:

- Avaliação *ex ante*, quando se avaliam os custos e o benefício baseado em análises, cálculos e avaliação de preços de mercado com valores estimados (ANEEL, 2013);
- Avaliação *ex post*, quando são consideradas a economia de energia e a redução da demanda na ponta avaliadas por ações de medição e verificação e dos custos realmente despendidos (ANEEL, 2013).

Dessa forma, a avaliação *ex ante* deve mirar a avaliação *ex post*, que será apontada para fins de posse do investimento realizado. Assim, todas as suposições devem ser feitas de forma conservadora para que as metas de economia de energia e redução de demanda na ponta sejam atingidas com segurança, mesmo com diferenças na RCB.

3.3 CUSTOS UNITÁRIOS DE DEMANDA E ENERGIA EVITADOS

Para que seja realizada a valoração dos benefícios num cronograma de um ano, são introduzidos os conceitos de custo unitário de energia evitada (CEE) e o custo unitário de demanda evitada (CED), cujos valores das variáveis envolvidas são dadas por resoluções homologatórias periódicas da ANEEL. Esses dois parâmetros podem ser calculados pelas equações (3) e (4) (ANEEL, 2013):

$$CED = (12 \times C_1) + (12 \times C_2 \times LP), \quad (3)$$

$$CEE = \frac{(C_p \times LE_p) + (C_{fp} \times LE_{fp})}{LE_p + LE_{fp}}. \quad (4)$$

Sendo, conforme as equações (5), (6) e (7),

$$C_p = TE_p + TUSD, \quad (5)$$

$$C_{fp} = TE_{fp} + TUSD, \quad (6)$$

$$LE_{fp} = \frac{(7 \times LE_3) + (5 \times LE_4)}{12}. \quad (7)$$

Pode-se ver, de forma resumida, a definição de cada parâmetro na tabela 1.

Tabela 1: Variáveis do CEE e CED.

Abreviatura	Nome do Parâmetro	Unidade
CED	Custo Unitário Evitado de Demanda	R\$/kW.ano
12	Meses	Mês/ano
C_1	Custo unitário de demanda no horário de ponta	R\$/kW.mês
C_2	Custo unitário de 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_p	Custo unitário da energia no horário de ponta na bandeira verde	R\$/MWh
C_{FP}	Custo unitário da energia no horário fora de ponta na bandeira verde	R\$/MWh
LE_p	Constante de perda de energia no posto de ponta considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta	1
LE_{FP}	Constante de perda de energia no posto de fora de ponta considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta	1
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 fora 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 fora de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta	1
TE_p	Tarifa de Energia (TE) na ponta, Bandeira Verde	R\$/MWh
TE_{FP}	Tarifa de Energia (TE) fora da ponta, Bandeira Verde	R\$/MWh
$TUSD$	Parcela da Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD) faturada em R\$/MWh	R\$/MWh

Fonte: O próprio autor.

Para que, por fim, seja calculado o benefício anualizado conforme a equação (8):

$$BA_T = (EE \times CEE) + (RDP \times CED). \quad (8)$$

Sendo EE a energia anual economizada e RDP a demanda evitada no horário de ponta.

3.4 FATOR DE RECUPERAÇÃO DE CAPITAL

Já no caso de encontrar o custo anualizado do projeto, ou seja, o custo por equipamentos de acordo com sua vida útil em anos, é introduzido o conceito de fator de recuperação de capital (FRC). Ao contrário do fator de valor atual, que é utilizado para encontrar o valor atual de uma série de pagamentos, o FRC é um índice usado para determinar o valor da prestação (DUTRA, 2006). Sendo, de acordo com a equação (9),

$$FRC_u = \frac{i \times (1+i)^u}{(1+i)^u - 1}. \quad (9)$$

Em que FRC_u é o fator de recuperação de capital para u anos (1/ano), i é a taxa de desconto considerada (1/ano) e u é quantidade de anos.

A taxa de desconto a se considerar é a mesma especificada no plano nacional de energia (PNE), vigente na data de submissão do projeto que, nesse caso, é 8% ao ano. Então, para encontrar o custo anualizado, são utilizadas as equações (10) e (11),

$$CA_T = \sum_n CA_n, \quad (10)$$

$$CA_n = CE_n \times \frac{CT}{CE_T} \times FRC_u. \quad (11)$$

Sendo CA_n o custo anualizado de todos os equipamentos, incluindo custos relacionados (R\$/ano), CE_n é o custo de cada equipamento (R\$), CT é o custo total do projeto, CE_T é o custo total em equipamentos e FRC_u é o fator de recuperação de capital (1/ano) para u anos.

3.5 TÉCNICA DE AMOSTRAGEM

Em várias aplicações práticas, é necessário tirar conclusões a respeito de dados que, no caso de uma quantidade bem definida e considerada pequena para o processamento disponível, pode-se trabalhar com todo o grupo que é desejado compreender. No entanto, para quantidades que superem as restrições de tempo, energia e recursos econômicos disponíveis, é necessário estudar alguns elementos representativos retirados da população. Esse grupo de elementos denomina-se de amostra, e o processo de escolha desses elementos é chamado de amostragem (LEVIN, 1987). As conclusões referentes à amostra são estendidas para toda a população da qual ela foi extraída.

Não há questionamento sobre o fato de que uma amostra não representa, com perfeição, toda a população. A utilização da amostra implica, impreterivelmente, na aceitação de uma margem de erro chamada de erro amostral e a alternativa disponível para limitar seu valor se dá pela escolha da amostra com o tamanho mais adequado de elementos (TRIOLA, 1999).

Existe um grande dilema na etapa de escolha do tamanho da amostra, que se dá pelo fato de que o erro amostral e o tamanho da amostra são inversamente proporcionais, já que amostras desnecessariamente grandes acarretam desperdício de tempo e dinheiro, enquanto amostras excessivamente pequenas podem levar a resultados não confiáveis

(LEVINE *et al.*, 2000). Para formalizar a melhor escolha (tamanho mínimo da amostra) de forma mais adequada matematicamente, é usada a equação (12):

$$n_0 = \frac{z^2 \times cv^2}{e^2}. \quad (12)$$

Em que n_0 é a estimativa inicial, cv é o coeficiente de variância, cuja recomendação do Módulo 8 dos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), da ANEEL, é usar o valor 0,50, e é o nível desejado de precisão (0,10) e z é o valor padrão de distribuição normal em relação ao comprimento do universo amostral (grau de liberdade) e o valor de confiança, conforme a tabela 2 (ICF INTERNATIONAL, 2011).

Tabela 2: Valores padrões da distribuição normal.

Graus de Liberdade	Nível de Confiança				Graus de Liberdade	Nível de Confiança			
	95%	90%	80%	50%		95%	90%	80%	50%
1	12,71	6,31	3,08	1	16	2,12	1,75	1,34	0,69
2	4,3	2,92	1,89	0,82	17	2,11	1,74	1,33	0,69
3	3,18	2,35	1,64	0,76	18	2,1	1,73	1,33	0,69
4	2,78	2,13	1,53	0,74	19	2,09	1,73	1,33	0,69
5	2,57	2,02	1,48	0,73	21	2,08	1,72	1,32	0,69
6	2,45	1,94	1,44	0,72	23	2,07	1,71	1,32	0,69
7	2,36	1,89	1,41	0,71	25	2,06	1,71	1,32	0,68
8	2,31	1,86	1,4	0,71	27	2,05	1,7	1,31	0,68
9	2,26	1,83	1,38	0,7	31	2,04	1,7	1,31	0,68
10	2,23	1,81	1,37	0,7	35	2,03	1,69	1,31	0,68
11	2,2	1,8	1,36	0,7	41	2,02	1,68	1,3	0,68
12	2,18	1,78	1,36	0,7	49	2,01	1,68	1,3	0,68
13	2,16	1,77	1,35	0,69	60	2	1,67	1,3	0,68
14	2,14	1,76	1,35	0,69	120	1,98	1,66	1,29	0,68
15	2,13	1,75	1,34	0,69	∞	1,96	1,64	1,28	0,67

Fonte: (ICF INTERNATIONAL, 2011).

Para ajustar a estimativa inicial do tamanho da amostra para o universo de N dias, e ter, por fim, a quantidade ótima mínima de elementos da amostra, usa-se a equação (13).

$$n = \frac{n_0 \times N}{n_0 + N}. \quad (13)$$

3.6 GERENCIAMENTO DAS MEDIÇÕES

Nesse tópico, são demonstrados os procedimentos de determinação dos benefícios seguidos pelo estudante por meio do gerenciamento dos dados obtidos nas medições e uso de ferramentas matemáticas, para os diferentes tipos de sistemas que receberam ações de eficiência energética durante o período de estágio. Como o estudante não participou do gerenciamento de dados dos sistemas de climatização e motrizes, serão descritos os sistemas de iluminação e usina fotovoltaica.

3.6.1 ILUMINAÇÃO

A determinação das economias foi feita a curto prazo, no âmbito de cada projeto, para ser viável economicamente. As extrapolações destas economias para o longo prazo foram feitas através de estudos específicos.

Tendo em mãos o perfil de uso e potência consumida pelos equipamentos, encontra-se a demanda na ponta pela multiplicação da potência pela parcela de tempo de funcionamento na ponta.

Para esse tipo de sistema não são consideradas variáveis independentes. Logo, o consumo de energia é calculado por meio da equação (14) (PIMVP, 2010):

$$\begin{aligned} & \textit{Economia de energia} \\ = & \textit{Tempo estimado} \times (\textit{Potência da linha de base medida} \\ & - \textit{Potência do período de determinação da economia medida}) \end{aligned} \quad (14)$$

Em relação à redução da demanda na ponta, é usada a equação (15) para cada sistema:

$$\begin{aligned} & \textit{RDP} \\ = & \textit{Fator de Coincidência na Ponta estimado} \times (\textit{Potência da linha de base} \\ & - \textit{Potência do período de determinação da economia}) \end{aligned} \quad (15)$$

3.6.2 USINA FOTOVOLTAICA

O módulo 06 do PROPEE determina que a apuração da energia elétrica e demanda geradas deverão ser feitas por um ano. Entretanto, ações de eficiência energética caracterizam-se por um cronograma anual, principalmente aquelas oriundas das Chamadas Públicas de Projetos, inviabilizando assim tal estudo durante o período de

execução do projeto, visto que influencia diretamente outras etapas da AEE, como faturamento de materiais e serviços, ações de conscientização e divulgação, relatórios de M&V e Final, entre outras.

Dessa forma, e, em se tratando de geração solar fotovoltaica, faz-se possível minimizar substancialmente este período de acompanhamento de modo a garantir, ainda assim, confiabilidade no parâmetro estimado de energia economizada. O módulo 06 do PROPEE salienta que na existência de dados locais quanto a disponibilidade da fonte utilizada, o tempo de um ano poderá ser reduzido.

Utilizando-se de dados de estações meteorológica automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que fornecem medições horárias de radiação, consolida-se, assim, um modelo matemático para extrapolação da energia elétrica anual gerada pelo sistema solar fotovoltaico em função da radiação incidente sobre o mesmo.

O método usado pelo estudante é a medição de todos os parâmetros chaves. O processo teve a seguinte definição, com dois fatores analisados:

- Geração de energia – Obtenção, por meio do inversor, dos valores diários de geração para quando findados os 90 dias iniciais de operação da usina dispor de um efetivo banco de dados para correlação;
- Radiação – Obtenção dos valores diários de radiação por meio do portal virtual da estação meteorológica automática mais próxima da área em estudo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para quando findados os 90 dias iniciais de operação da usina dispor de um efetivo banco de dados para correlação.

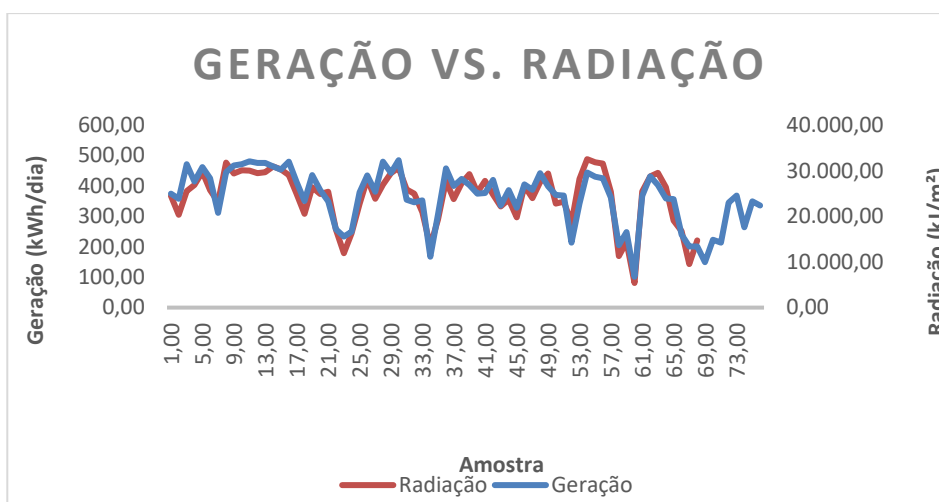
Após a aquisição dos dados anuais do parâmetro de influência, é encontrado o tamanho da amostra. Para minimizar o limite do erro em torno do valor real e elevar a probabilidade de que ela se encontre dentro dos limites da faixa de precisão, adotou-se 10% de precisão com 95% de confiança. Baseando-se nessas informações, uma estimativa inicial do tamanho da amostra global é $n_0 = 96,04$. Ao ajustar a estimativa inicial do tamanho da amostra para o universo de 365 dias, tem-se uma quantidade ótima de 76 amostras.

Tendo essa quantidade, é necessário correlacionar as grandezas por meio de um modelo de regressão linear. A análise da regressão faz o estudo da relação entre uma variável chamada de variável dependente, que representa uma grandeza cujo valor depende de como outra variável é manipulada, e uma variável independente, que, por sua vez, representa a grandeza que está sendo manipulada em um experimento. A relação

entre elas é dada por um modelo matemático chamado de modelo de regressão linear (BUSSAB & MORETTIN, 2013).

Para a criação do modelo deve-se, primeiramente, construir um diagrama de dispersão com os dados disponíveis para verificar se eles exibem uma tendência linear conforme a figura 3, com exemplo com dados de geração da usina fotovoltaica do Instituto Federal de São Paulo, Campus Boituva, e dados de radiação solar da estação automática de Sorocaba/SP, a mais próxima de Boituva/SP.

Figura 3: Diagrama de dispersão entre a geração e radiação solar.



Fonte: O próprio autor.

A equação de primeiro grau resultante encontrada segue a forma da equação (16),

$$\text{Variável Dependente} = A \times \text{Variável Independente} + B. \quad (16)$$

Ou, considerando o caso em específico, a equação é representada pela equação (17),

$$\text{Energia Gerada} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \right) = A \times \text{Radiação} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} \right) + B \quad (17)$$

O coeficiente de determinação, dado por R^2 , avalia a exatidão do modelo pelo afastamento da variável dependente em relação ao seu valor médio. Seu valor pode variar de 0 a 1. Caso chegue ao valor máximo, significa que o modelo de regressão explica 100% das variações na variável dependente. Sendo que, a partir de 0,75, convencionou-se ter

um valor aceitável (BUSSAB & MORETTIN, 2013). Matematicamente, R^2 é, conforme a equação (18),

$$R^2 = \frac{\text{variação explicada da variável dependente}}{\text{variação total da variável dependente}}. \quad (18)$$

Após comprovar-se a viabilidade estatística dos dados e montar a equação de primeiro grau do modelo, emprega-se, na equação resultante, os dados da variável independente disponíveis, calcula-se o erro individual por amostra (real – estimada), e somam-nos para verificar se o resultado será igual a zero. Esse princípio é denominado “Erro de Viés”, e quando atendida sua orientação, admite-se que a regressão é válida (CORREA, 2003).

No entanto, todos os projetos estão passíveis a erros em seus dados resultantes por interferência humana ou por falha momentânea em equipamentos como, por exemplo, o sombreamento parcial de uma usina fotovoltaica por algum indivíduo que coloque objetos perto das placas por algumas horas do dia ou falha de um inversor no processo de conversão da energia contínua para alternada até que um técnico responsável faça a devida manutenção. A fim de minimizar ao extremo essa dispersão, são captados os dados de geração (90 dias) acima do número de amostras necessárias (76 dias) e é usado o coeficiente de correlação de Pearson como solução.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida adimensional que pode considerar diversos valores entre -1 e +1, medindo a intensidade e a direção de relações lineares. A intensidade, por sua vez, considera o grau de relacionamento entre duas variáveis, de forma que quanto mais próximo dos extremos, mais forte é a correlação linear (GOES *et al.*, 2016).

De uma forma mais prática, para a escolha dos n elementos mínimos da amostra calculada com melhor índice de correlação no meio da quantidade N total de dados disponíveis, deve-se utilizar um terceiro parâmetro que tenha correlação entre as variáveis envolvidas, que seria, de acordo com a equação (19),

$$r = \frac{\text{Variável Dependente}}{\text{Variável Independente}} \quad (19)$$

Não usado em cálculos, esse índice é usado apenas para ordenar os dados, seja em ordem crescente ou decrescente, colocando ao redor de sua média os pontos mais aderentes à análise e que causariam um coeficiente de determinação maior.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Neste capítulo, são apresentadas as atividades desenvolvidas e todas ferramentas matemáticas utilizadas pelo estudante durante o período de estágio.

É importante ressaltar que o estagiário esteve a todo momento acompanhado seja pelo supervisor da equipe técnica de projetos, pelo supervisor da equipe de campo ou eletricitista durante a execução das atividades em campo e de posse de todos os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) necessários.

4.1 SUBMISSÃO DE PROJETOS

Anualmente, as distribuidoras de energia abrem os chamamentos públicos para submissão de projetos, em que toda a fundamentação técnica é feita por meio do preenchimento de uma planilha disponibilizada pela ANEEL, chamada de “Guia de M&V”.

Todas as análises de custos e benefícios são realizadas tanto na fase *ex ante* quanto *ex post*, com a diferença de que a análise *ex post* possui valores reais medidos na valoração de seus benefícios. Os procedimentos a seguir foram seguidos em projetos das Chamada Pública de Projetos da CPFL, nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, Energisa, nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia e Paraíba, CEMIG, em Minas Gerais, entre outras distribuidoras de energia.

4.1.1 PROSPECÇÃO DE CLIENTES

Na primeira chamada pública de projetos acompanhada pelo estudante, a da Energisa em maio de 2019, foi encarado o desafio de expandir a área de atuação da empresa para outros estados além de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, maiores focos da empresa por conta da proximidade e contatos já existentes, o que favorecia a logística da empresa. Logo, o estagiário tomou para si o que se tornou sua maior conquista durante o período de estágio, conseguindo a aprovação de 2 projetos da tipologia de iluminação pública pela Energisa Paraíba, beneficiando os municípios de Congo e Monteiro com o total de 648 luminárias LED para suas ruas e avenidas.

O segundo desafio foi na chamada pública de projetos da CPFL Energia, ocorrida em julho de 2019, englobando os municípios na área de concessão da CPFL Piratininga, CPFL Paulista, CPFL Santa Cruz e RGE. Para esta chamada, foram priorizados prédios do poder público, como o Hospital de Câncer de Barretos, UFSCAR e IFSP São Roque, onde possuiu maior abrangência de ações de eficiência a serem submetidas, sendo elas: iluminação interna, iluminação externa, sistemas de ar condicionado e sistema solar fotovoltaico.

Já no mês de novembro, houve a segunda chamada pública de projetos da Energisa, em que o maior foco foi novamente em iluminação pública. Foram aprovados 37 projetos dessa tipologia entre a Energisa Sul-Sudeste, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e, por iniciativa do estagiário, 7 projetos na Paraíba. Os municípios paraibanos a serem beneficiados em 2020 serão: Monteiro, Camalaú, Sumé, Natuba, Guarabira, Belém e Picuí. Na Figura 4, mostra-se alguns projetos com melhores pontuação da chamada.

Figura 4: Resultado da CPP de 2019 da Energisa PB.

Projeto	Proponente	Pontuação	Valor Total	Valor PEE	RCB PEE	Situação
Projeto IP - Município de Sape	Energisa Soluções SA	79,73	R\$398.947,14	R\$398.947,13	0,14	Aprovado com ressalvas
+ Eficiência Iluminação Pública de Guarabira	Vitális Energia LTDA.	78,29	R\$493.400,31	R\$482.389,46	0,18	Aprovado com ressalvas
+ Eficiência Iluminação Pública de Belém	Vitális Energia LTDA.	74,78	R\$499.204,22	R\$488.141,72	0,19	Aprovado com ressalvas
+ Eficiência Iluminação Pública de Remígio	Vitális Energia LTDA.	72,33	R\$500.926,19	R\$499.711,79	0,19	Aprovado com ressalvas
Projeto de IP - Município de Patos	Energisa Soluções SA	70,79	R\$434.907,41	R\$434.907,41	0,18	Aprovado com ressalvas
+ Eficiência Iluminação Pública de Monteiro	Vitális Energia LTDA	69,44	R\$473.056,86	R\$472.021,86	0,20	Aprovado com ressalvas

Fonte: Energisa (2019).

4.1.2 VALORAÇÃO DOS BENEFÍCIOS

Para encontrar todos os parâmetros necessários para o cálculo dos custos unitários de energia e demanda evitados, CEE e CED, o estagiário consultava as resoluções homologatórias tarifas disponibilizadas pela ANEEL. Como exemplo, tem-se na Figura

5 a Resolução Homologatória de número 2.314 de 17 de outubro de 2017, para um Fator de Carga (FC) de 67%.

Figura 5 - Resolução Homologatória Nº 2314.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 2.314 DE 17 DE OUTUBRO DE 2017

Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2017, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Companhia Piratininga de Força e Luz - CPFL Piratininga, e dá outras providências.

TABELA 1 – TARIFAS DE APLICAÇÃO E BASE ECONÔMICA PARA O GRUPO A (CPFL Piratininga).

SUBGRUPO	MODALIDADE	ACESSANTE		POSTO	TARIFAS DE APLICAÇÃO			BASE ECONÔMICA		
					TUSD		TE	TUSD		TE
					RS/kW	RS/MWh	RS/MWh	RS/kW	RS/MWh	RS/MWh
A4 (2,3 a 25kV)	AZUL	NA	P	20,54	36,04	417,66	20,84	46,14	370,56	
			FP	9,90	36,04	269,77	9,79	46,14	248,26	
	AZUL APE	NA	P	20,54	12,35	0,00	20,84	10,30	0,00	
			FP	9,90	12,35	0,00	9,79	10,30	0,00	
	VERDE	NA	NA	9,90	0,00	0,00	9,79	0,00	0,00	
			P	0,00	534,52	417,66	0,00	551,76	370,56	
			FP	0,00	36,04	269,77	0,00	46,14	248,26	
	VERDE APE	NA	NA	9,90	0,00	0,00	9,79	0,00	0,00	
			P	0,00	510,83	0,00	0,00	515,92	0,00	
			FP	0,00	12,35	0,00	0,00	10,30	0,00	
	DISTRIBUIÇÃO	Elektro	P	14,92	8,80	0,00	14,98	7,27	0,00	
			FP	8,62	8,80	0,00	8,46	7,27	0,00	
			NA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	GERAÇÃO	NA	NA	1,74	0,00	0,00	1,81	0,00	0,00	

Fonte: ANEEL (2017).

Dentro da resolução, encontram-se os valores de todas as variáveis especificadas para o cálculo dos Custos Unitários Evitados de Energia e Demanda no capítulo 3.3. deste trabalho, considerando a unidade consumidora no posto tarifário azul. Como resultado, para um cliente do grupo A4, tem-se que o CEE= 329,05 R\$/MWh e CED= 306,37 R\$/kW.

4.2 MEDIÇÃO DE GRANDEZAS ELÉTRICAS

Foram realizadas visitas técnicas para medição de sistemas de iluminação, de ar condicionado, motores e usinas fotovoltaicas para levantar o perfil de uso de equipamentos quanto a horários e consumo de energia tanto da linha da base quanto do sistema proposto, após instalado.

4.2.1 COLETA DE DADOS

Serão separados tópicos de acordo com os sistemas trabalhados pela Vitális Energia: iluminação, climatização, motores e usinas fotovoltaicas. Foram efetuadas as medições numa quantidade de amostras necessárias para garantir o critério de 10% de precisão e de 95% de confiança em cada agrupamento.

4.2.2.1 ILUMINAÇÃO

No caso de sistemas de iluminação, como exemplo do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus Canoas, a estimativa dos dados na etapa *ex ante* foi realizada por entrevistas com responsáveis da unidade consumidora para o perfil de uso e valores nominais de potência dos equipamentos, enquanto na etapa *ex post*, por medição do acendimento das luminárias, em todos os horários e no horário de ponta, por meio dos instrumentos de medição específico. Para captar o perfil de uso, foi utilizado um horímetro, que possui um sensor de luminosidade em que é checado seu status a cada segundo e memória de massa com variação do intervalo de armazenamento de dados, conforme a Figura 6.

Figura 6: Horímetro Instalado.



Fonte: O próprio autor.

As medições com wattímetro foram efetuadas diretamente nos pontos de alimentação das luminárias, garantindo, assim, que não sofram interferências de outras cargas, conforme a Figura 7.

Figura 7: Alicate Wattímetro durante as medições.



Fonte: O próprio autor.

O maior desafio para o estudante foi entender e seguir as normas de segurança durante todo o procedimento, seja em bancada ou diretamente nas unidades consumidoras. Para um tipo de via na cidade de Monteiro, teve-se o seguinte resultado nas medições da linha de base, conforme a Tabela 3,

Tabela 3: Medições da Linha de Base em Monteiro/ PB.

Via V3 - I	
Medição de potência	
Amostra	W
1	238,49
2	240,38
3	259,85
4	251,74
5	246,00
6	248,80
7	248,93
8	244,53
9	259,52
10	231,80
11	265,85
12	244,02

Fonte: O próprio autor.

Nota-se uma depreciação aproximada de 10% na potência das luminárias, sabendo que elas são formadas por uma lâmpada vapor de sódio de 250 W e um reator de 25 W, que pode significar inadequação às normas técnicas de níveis de iluminância nas vias caso mantenham o material obsoleto. Após a troca, tem-se as seguintes potências medida nas luminárias LED de 80 W, conforme a Tabela 4 para o mesmo grupo de vias,

Tabela 4: Medições do Sistema Proposto em Monteiro/ PB.

Via V3 - I	
Medição de potência	
Amostra	W
1	80,05
2	80,10
3	80,08
4	79,97
5	79,96
6	80,04
7	80,07
8	79,97
9	79,99
10	80,08
11	80,08
12	79,94

Fonte: O próprio autor.

Mesmo com uma grande redução do consumo, são garantidos níveis de iluminância dentro da norma e maior vida útil, garantindo que as vias estejam seguras para tráfego por um período maior de tempo.

4.2.2.2 CLIMATIZAÇÃO

Para sistemas de climatização, foram utilizados medidores inteligentes da marca GreenAnt para acesso remoto em tempo real dos dados medidos, por meio da *dashboard* da própria fabricante, com a possibilidade de *download* dos dados para planilhas do Excel. O medidor pode ser visto na figura 8, instalado em um ar condicionado da Unicamp, aprovado em um chamamento público da CPFL Paulista.

Figura 8: Medidor inteligente instalado em um climatizador.



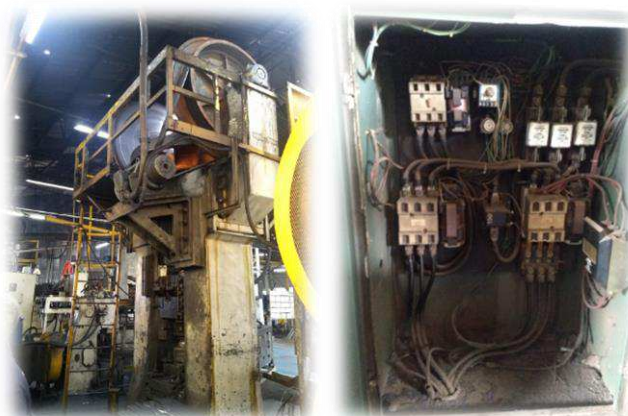
Fonte: O próprio autor.

Por estar acompanhado de um técnico de eletricidade, o estudante acompanhava as instalações e contribuía com a configuração do medidor na rede local, para monitorar diariamente a captura de dados e intervir caso haja algum desligamento.

4.2.2.3 MOTRIZ

Da mesma forma, foram usados medidores inteligentes para fazer a medição dos sistemas motrizes a exemplo do que foi realizado na indústria Max Gear visto na figura 9, localizada em Bragança Paulista/ SP, sob a área de concessão da Energisa Sul-Sudeste.

Figura 9: Medição em um motor de prensa.



Fonte: O próprio autor.

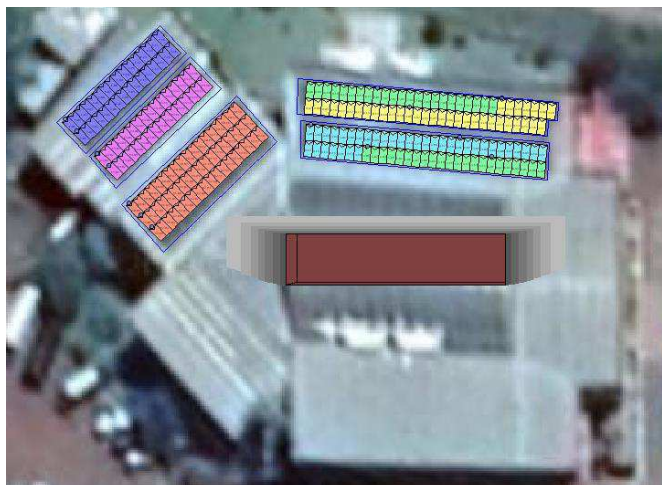
4.2.2.4 USINA SOLAR FOTOVOLTAICA

O estudante utilizou o *software* SOLergo, da fabricante Electro Graphics, para a simulação dos cenários *ex ante* das usinas solares fotovoltaicas. No referido *software*, a

avaliação do recurso solar disponível é realizada de acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017) e Atlas Solarimétrico do Brasil (2000), tendo como referência o local com os dados históricos e de radiação solar nas imediações das cidades em questão.

Na figura 10 é visto *layout* da simulação em solo realizada no campo de futebol do IFSP Boituva, localizado em Boituva/SP sob a área de concessão da CPFL Piratininga.

Figura 10: Simulação fotovoltaica do IFSP Boituva.



Fonte: O próprio autor.

Foram preenchidos 5 telhados de um prédio do Campus localizados em posições de maior incidência solar de forma que a RCB do projeto estivesse dentro dos critérios da ANEEL de forma conservadora, ou seja, sem chegar ao limite, para que não haja risco do projeto ser inviabilizado durante a análise *ex post*.

O sistema fotovoltaico desse exemplo é composto por 1 gerador em 2 exposições, diferenciadas pelo azimute (distância horizontal, em graus, do norte à direção que a placa está voltada) e *tilt* (inclinação entre a superfície do telhado juntamente com o suporte da placa e a superfície horizontal), como é exposta na tabela 5.

Tabela 5: Dados das exposições das placas fotovoltaicas.

Descrição	Tipo de instalação	Azimute	Tilt	Sombreamento
Exposição 1	Ângulo fixo	5°	0°	0%
Exposição 2	Ângulo fixo	-44°	10°	0%

Fonte: O próprio autor.

O gerador é composto de 235 módulos fotovoltaicos de silício policristalino com uma vida útil estimada de mais de 25 anos, e degradação devido ao envelhecimento de 0,8% ao ano. O módulo escolhido, devido principalmente à disponibilidade e compromisso da

principal comercializadora de materiais para a empresa proponente, a Sices Solar, foi da fabricante CSI Canadian Solar, cujo modelo é o *Max Power CS6U – 330 W*.

$$P = P_{\text{módulos}} \times N^{\circ}_{\text{módulos}} = 330 \times 235 = 77,55 \text{ kWp.}$$

A unidade de conversão desse sistema consiste no uso de 3 inversores iguais da fabricante ABB, no modelo o Trio-27.5-TL-OUTD, com 2 MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) cada, cuja potência nominal é dada por 27,5 kW.

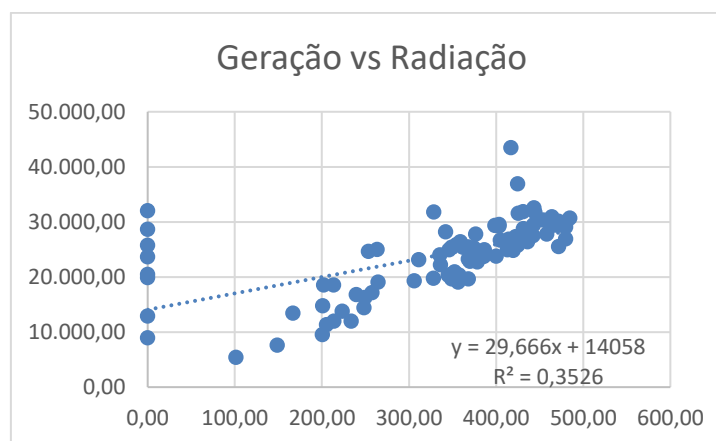
Dessa forma, as placas são arranjadas entre as MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) dos inversores, separados por cores, e resultam no *layout* visto.

Já no cenário *ex post*, é utilizado o próprio inversor de frequência da usina como fronteira de medição da geração de energia.

4.3 APLICAÇÃO DO GERENCIAMENTO DAS MEDIÇÕES DA USINA FOTOVOLTAICA

Seguindo os procedimentos do capítulo 3.6.2 desse trabalho, é mostrado a seguir o gráfico de correlação usando o IFSP Boituva como exemplo para 90 dias de dados, conforme a figura 11.

Figura 11: Gráfico de correlação com 90 dados.

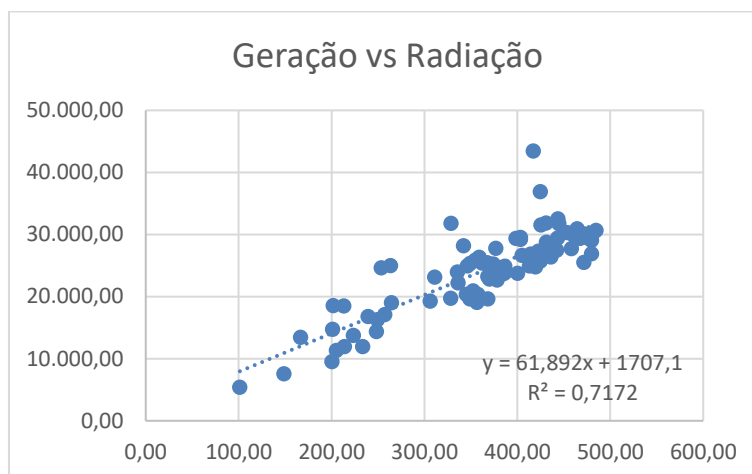


Fonte: O próprio autor.

É possível observar, pelos pontos no extremo esquerdo do gráfico, que o sistema não teve funcionamento em 8 dias por conta do desligamento do disjuntor pelo cliente e, outrora, falha no inversor. Por isso, houve um impacto relevante na correlação entre as variáveis, como é visto na figura 8, que resultou num $R^2 = 0,3526$. Ao retirar essas

amostras nulas, nota-se considerável melhora no coeficiente de correlação apresentado na figura 12, indo para $R^2 = 0,7172$.

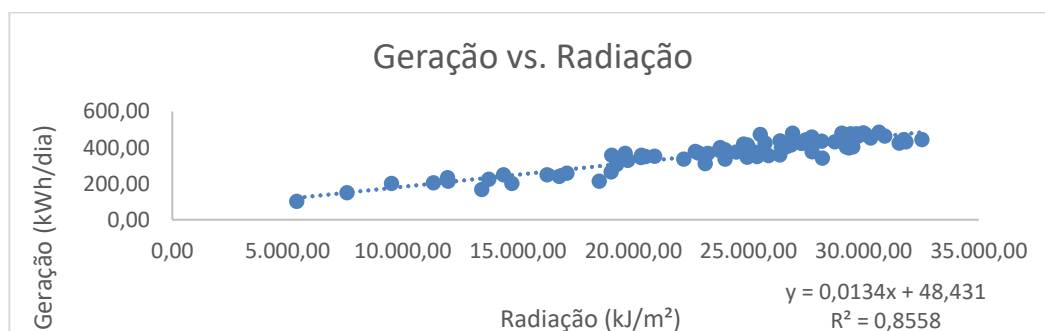
Figura 12: Gráfico de correlação com 86 dados.



Fonte: O próprio autor.

Para se alcançar as melhores 76 amostras dentre os 82 dias de informações válidas, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. Na figura 13, apresentam-se os 76 dados considerados, resultando num coeficiente otimizado de $R^2 = 0,8558$.

Figura 13: Determinação da regressão linear.



Fonte: O próprio autor.

Para o caso dado no exemplo, equação (20) é a resultante e descrita da seguinte forma,

$$\text{Energia Gerada} \left(\frac{kWh}{dia} \right) = 0,0134 \times \text{Radiação} \left(\frac{kJ}{m^2} \right) + 48,431 \quad (20)$$

4.4 DEMANDAS INTERNAS COM AS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA

Durante a execução dos projetos aprovados, o estudante auxiliou em diversas demandas internas diretamente com as distribuidoras de energia. São elas:

- Recolhimento e envio de comprovações de entrega do material, encerramento de obra, atualização de cadastro por meio do software AutoCAD (no caso de projetos da tipologia Iluminação Pública);
- Execução de treinamentos na unidade consumidora beneficiada juntamente com o supervisor de campo a fim de disseminar conceitos de eficiência energética, bem como sugerir hábitos que potencializem a ação de eficiência energética implementada. A capa do treinamento pode ser vista na Figura 14;

Figura 14: Modelo de *slide* utilizado na apresentação dos treinamentos.



Fonte: Vitális Energia (2019).

- Registro diário de obra da equipe de instalação para controle do cronograma;
- Envio das planilhas e relatórios de M&V finais para encerramento do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relatório, fez-se um estudo relativo aos procedimentos técnicos das atividades desenvolvidas pelo estudante no panorama atual do Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica, pela experiência na empresa Vitális Energia. De acordo com os benefícios destacados na ótica do consumidor e do sistema elétrico brasileiro, nota-se a relevância de despertar o interesse em mais consumidores de energia que se enquadram no escopo de atuação do programa a participarem das seleções com intermédio de profissionais especializados.

A realização do estágio no ambiente corporativo de realização de projetos e acompanhamento das obras foi uma oportunidade única para o estudante desenvolver habilidades e colocar em prática conhecimentos adquiridos durante os anos do curso de graduação. Além disso, na empresa, o estudante aprende a trabalhar em equipe, fazendo-o desenvolver habilidades de gestão e liderança.

Durante esse período de atividades, o aluno fez uso de conhecimentos adquiridos em diversas disciplinas do curso, com maior importância para as de Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas, Geração de Energia e Gerenciamento de Energia.

O estágio desempenhado em todos esses meses foi o suficiente para o estudante conseguir se desenvolver profissionalmente e pessoalmente, fazendo com que esteja apto a ingressar no mercado de trabalho contribuindo com seu conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ABNT (2013) NBR ISSO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENGENHARIA ELÉTRICA (2008). *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 3ª Ed. Brasília.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2013). *Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE*. 10 Módulos. Brasília – DF: ANEEL.
- BARROS, B. F. et al. (2014). *Geração, Transmissão, Distribuição e Consumo de Energia Elétrica*. Érica.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P.A. (2013). *Estatística Básica*. 8ª Ed: Saraiva.
- COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. (2018). *Chamada Pública NP/PEE-CPFL Energia_001/2018*. São Paulo.
- CORREA, S. M. B. B. (2003). *Probabilidade e Estatística*. 2ª Ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual.
- EVO – EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION (2012). *Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água - vol. 1 - EVO 10000 – 1:2012 (Br)*. Sofia: EVO.
- GOES, K. M. et al. (2016). *Aplicação da Correlação de Pearson no Agrupamento e Seleção de Amostras*. XXII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. Curitiba.
- ICF INTERNATIONAL (2011), PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO (PUC-RIO), JORDÃO ENGENHARIA. *Estabelecimento de requisitos mínimos de medição e verificação de resultados que possam ser aplicados aos projetos de eficiência energética desenvolvidos pelas distribuidoras*. Preparado para o Instituto “ABRADEE” da Energia, com o apoio da FUPAI. Rio de Janeiro.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (2017). *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. 2ª Ed. São José dos Campos.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2008). *Key World Energy Statistics*. Paris: OECD.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2018). *Energy Efficiency: Analysis and Outlook to 2040*. Paris: OECD.
- LEVIN, J. (1987). *Estatística Aplicada a Ciências Humanas*. 2ª Ed. São Paulo: Editora Harbra Ltda.
- LEVINE, D. M. et al. (2000). *Estatística: Teoria e Aplicações usando o Microsoft Excel em Português*. Rio de Janeiro: LTC.
- MARCILI, F. (2015). *4 passos do retrofit para economizar até 90% de energia com LED*. Acesso em 29 de abril de 2019, disponível em Blog Celena: www.celenapar.com.br/blog/4-passos-do-retrofit-para-economizar-ate-90-de-energia-com-led/

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (2017). *Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Boituva: Sobre o Câmpus*. Acesso em 29 de abril de 2019, disponível em MEC: <https://btv.ifsp.edu.br/index.php/sobre-o-campus>

MINISTÉRIO DE MINAS DE ENERGIA (2007). *Plano Nacional de Energia: 2030*. Brasília.

MOREIRA, J. R. S. (2017). *Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética*. LTC.

NUNES, P. (2018). *Diagramas de Dispersão*. Acesso em 29 de abril de 2019, disponível em: knoow.net/cienciasexactas/estatística/diagrama-de-dispersao/

SOBRINHO, J. D. V. (2006). *Matemática Financeira*. 7ª Ed. São Paulo: Atlas.

TIBA, C. et al. (2000). *Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de Dados Terrestres*. Recife: CDU.

TIMÓTEO, J. (2011). *Iluminação: Conceitos*. Acesso em 28 de abril de 2019, disponível em Slideshare: <https://pt.slideshare.net/MarioTimotius/iluminacao1-conceitos>

TRIOLA, M. F. (1999). *Introdução à Estatística*. 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC.