

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

Pedro Daniel Bach Montani

**ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DE
ENERGIA EM INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR: O
CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

**Santa Maria, RS
2022**

Pedro Daniel Bach Montani

**ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DE
ENERGIA EM INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR: O
CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Elétrica**.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Luciane Neves Canha

Santa Maria, RS
2022

MONTANI, PEDRO DANIEL BACH
ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DE
ENERGIA EM INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR: O CASO
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA / PEDRO DANIEL
BACH MONTANI.- 2022.
62 p.; 30 cm

Orientadora: Dr.^a Luciane Neves Canha
Coorientadores: Dr. Daniel Pinheiro Bernardon, Luiz
Carlos Pereira da Silva
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica, RS, 2022

1. Sistema de Gestão Energética 2. Sistema de Medição
3. Eficiência Energética 4. Iluminação Pública 5.
Comunicação I. Canha, Dr.^a Luciane Neves II. Bernardon,
Dr. Daniel Pinheiro III. Silva, Luiz Carlos Pereira da
IV. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, PEDRO DANIEL BACH MONTANI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

© 2022

Todos os direitos autorais reservados a Pedro Daniel Bach Montani. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.
Endereço Eletrônico: pdmontani@gmail.com

Pedro Daniel Bach Montani

**ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DE
ENERGIA EM INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR: O
CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Elétrica**.

Aprovado em 07 de dezembro de 2022:

Luciane Neves Canha, Dra. (UFSM) - Videoconferência
(Presidente/Orientadora)

Daniel Pinheiro Bernardon, Dr. (UFSM) - Videoconferência

Luiz Carlos Pereira da Silva, Dr. (UNICAMP) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha esposa e filhas, pelo incentivo de retornar aos estudos.

A professora Luciane Neves Canha por transmitir sua experiência e conhecimento, além de sua excelência como Orientadora nas suas indicações para a elaboração deste trabalho.

Ao Grupo de Professores do PPGEE – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFSM, incentivadores incansáveis, principalmente aos Professores Luciane Neves Canha, Daniel Pinheiro Bernardon e Tiago Marquesan.

Aos meus colegas de implementação da metodologia André Ross Borniatti, Marcia Henke, Táisson Soares Graebner, Isabel Figuera Hartmann, Morgana Pizzolato e Santos Pedrozo Viana. Grupo de Implementação do SGE no âmbito do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria que, juntos, tiramos a ideia do papel.

Ao amigo e colega de curso, Belisario Thomé, companheiro das viagens para Santa Maria e dos trabalhos das disciplinas, além da troca de experiência e confiança durante a carreira profissional.

Ao amigo e colega Lucas Thadeu Orihuela da Luz, pela parceria no desenvolvimento do projeto e pela vivência profissional de vinte anos de muita seriedade e ética. Muitos ensinamentos compartilhados.

Aos professores da banca pelas contribuições de melhorias para a redação final deste trabalho.

A CPFL Giuliano Bolognesi Archilli (CPFL) Projeto PA3034 - Soluções Inovadoras de Eficiência Energética e Minigeração em Instituição Pública Federal de Ensino Superior: Uma Abordagem na UFSM.

Aos demais colegas de sala de aula que compartilhei momentos importantes de troca de experiências e conhecimentos.

À Universidade Federal de Santa Maria pela excelência dos professores e da Instituição. Tenho muito orgulho de ser aluno do CEESP do PPGEE da UFSM.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para a realização desse trabalho.

RESUMO

ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA EM INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR: O CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

AUTOR: Pedro Daniel Bach Montani
ORIENTADORA: Luciane Neves Canha

Questões relacionadas ao constante crescimento da demanda por energia elétrica, associadas aos impactos ambientais provocados pelo aumento da produção de energia têm feito com que o tema da eficiência energética venha tomando cada vez mais importância. Dentro desse contexto, tem-se a Norma NBR ISO 50001/2018 como uma importante ferramenta na busca pela melhoria contínua do desempenho energético. Considerando que o poder público representa uma parcela importante do consumo de energia elétrica no Brasil, o presente trabalho consiste no desenvolvimento e implementação de uma metodologia para desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Energia baseado na referida Norma nas instalações da Universidade Federal de Santa Maria.

Esse trabalho apresenta uma estratégia de gestão focada no uso inteligente das informações associadas ao uso da energia elétrica em um campus universitário. Tem a finalidade de implementar métodos e práticas proativas para a supervisão, controle e aquisição de dados, enfatizando a oportunidade de gestão pelo lado da demanda a partir das informações de hábitos de consumo.

Com a implementação desse SGE espera-se que a UFSM não somente reduza as despesas com energia elétrica, como dissemine informações e recomendações para toda a comunidade acadêmica, a fim de potencializar os resultados tangíveis e intangíveis, estimulando desta forma o uso racional dos recursos naturais.

Palavras-chave: Sistema de Gestão Energética, eficiência energética, iluminação pública, minigeração solar fotovoltaica, sistema de medição e comunicação.

ABSTRACT**ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF AN ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN A PUBLIC UNIVERSITY: THE CASE OF FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA MARIA**

AUTHOR: Pedro Daniel Bach Montani
ADVISOR: Luciane Neves Canha

Issues related to the constant growth in the demand for electricity, associated with the environmental impacts caused by the increase in energy production, have made the issue of energy efficiency increasingly important. Within this context, the NBR ISO 50001/2018 Standard is an important tool in the search for continuous improvement of energy performance. Considering that the government represents an important part of the consumption of electric energy in Brazil, the present work consists of a case study of the implementation of an Energy Management System based on the referred Norm in the UFSM facilities.

This work presents a management strategy focused on the intelligent use of information associated with the use of electricity on a university campus. Its purpose is to implement proactive methods and practices for supervision, control and data acquisition, emphasizing the management opportunity on the demand side based on information on consumption habits.

With the implementation of this SGE, it is expected that UFSM will not only reduce expenses with electricity, but also disseminate information and recommendations to the entire academic community, in order to enhance tangible and intangible results, thus stimulating the rational use of natural resources.

Keywords: Energy Management System, energy efficiency, public lighting, mini solar photovoltaic generation, measurement and communication system

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Premiação 16º COBEE/2019	19
Figura 2 – Outros trabalhos desenvolvidos no mesmo tema	21
Figura 3 – Ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA).....	26
Figura 4 – Arquitetura tecnológica genérica/modular	28
Figura 5 – Fluxo de implantação de documentos	29
Figura 6 - Arquitetura completa de rede LoRaWAN.	30
Figura 7 - Mapeamento dos pontos a serem monitorados na UFSM.	30
Figura 8 - Disposição dos gateways LoRaWAN no campus da UFSM.....	31
Figura 9 - Resumo dos softwares envolvidos (TTN, Telegraf, InfluxDB e Grafana).....	32
Figura 10 – Modelo de cálculo automatizado que possibilitou maior ganho de tempo no dimensionamento.....	36
Figura 11 – Simulação de uma das salas de aula no DIALux Evo.....	37
Figura 12 – Modelo dos indicadores financeiros das soluções	37
Figura 13 - Diagrama de blocos do sistema de tele gestão.....	40
Figura 14 – Dispositivo de tele gestão acoplado na luminária.....	41
Figura 15 – Dispositivo de tele gestão acoplado na luminária com tampa.	41
Figura 16 – Luminária Instalada no CT da UFSM.....	42
Figura 17 – Luminária Ligada e restantes desligadas.....	42
Figura 18 – Luminária Ligada	43
Figura 19 - Planta de Minigeração Solar Fotovoltaica	44
Figura 20 - Planta experimental reconfiguração geotérmica.....	45
Figura 21 - Central de medição e medidores de comunicação sem fio	45
Figura 22 - Equipe substituindo o sistema de IP.	47
Figura 23 - Sistema de IP na Avenida Roraima, UFSM.	48
Figura 24 - Planta de Minigeração Solar Fotovoltaica	48
Figura 25 - Planta experimental reconfiguração geotérmica.....	49
Figura 26 - Central de medição e medidores de comunicação sem fio	49
Figura 27 - Banco de Capacitores instalado na UFSM	51
Figura 28 - Pagamento de multas por excesso de reativos	52
Figura 29 - Evolução da Fatura de Energia Elétrica da UFSM.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de países com Certificação na norma ISO 50001	16
Tabela 2 – Projetos realizados no Brasil no âmbito do Programa de P&D da ANEEL.....	17
Tabela 3 – IDE's da UFSM com os respectivos objetivos a atendido na Política Energética .	33
Tabela 4 – Metas dos IDE's	35
Tabela 5 – Parâmetros da Luminária.....	38
Tabela 6 – Redução de Consumo Esperado na Comunidade	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AEE – Ações de Eficiência Energética
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- CEESP – Centro de Excelência em Energia e Sistema de Potência
- CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz
- CT – Centro de Tecnologia
- FV – Fotovoltaica
- GD – Geração Distribuída
- GEE – Gases Causadores do Efeito Estufa
- GLD – Gerenciamento pelo Lado da Demanda
- IDE – Indicador de Desempenho Energético
- ISO – International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
- IP – Iluminação Pública
- NBR – Norma Brasileira
- PPGEE – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFSM
- P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
- PEE – Programa de Eficiência Energética
- RGE – Rio Grande Energia
- SGE – Sistema de Gestão de Energia
- UFSM – Universidade Federal de Santa Maria/RS
- USE – Uso Significativo de Energia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	CARACTERIZAÇÃO.....	12
1.2	MOTIVAÇÃO.....	13
1.3	OBJETIVOS.....	13
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
4	METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO	26
4.1	Aspectos Gerais	26
4.2	Sistema de Comunicação Implementado.....	29
4.3	IDE's - indicadores de desempenho energético	32
4.4	Ações Implementadas.....	36
5	RESULTADOS	47
6	CONCLUSÃO.....	56
6.1	CONTRIBUIÇÃO ou impacto DESTE TRABALHO.....	57
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	59
7	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÃO

Entre as Instituições Públicas de Educação Superior no Brasil, encontram-se, atualmente, 63 (sessenta e três) Universidades Federais. Essas instituições desempenham um importante papel no desenvolvimento científico e tecnológico do País, respondendo por uma parcela significativa da produção científica brasileira e pela formação de profissionais nas mais diversas áreas do conhecimento. Constatou-se que, em grande parte destas instituições públicas, a conta de energia elétrica é um dos maiores custos do orçamento anual. De acordo com a Secretaria de Ensino Superior (SESu) do Ministério da Educação, o valor total pago em 2015 apenas pelas Universidades Federais foi de cerca de R\$ 430.000.000,00 (ANEEL Chamada N°. 001/2016). Esta situação motivou uma chamada pública da ANEEL com utilização de recursos dos programas de P&D e Eficiência Energética (ANEEL Chamada N°. 001/2016).

Este trabalho originou-se de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética, denominado P&D 0396-3034/2017, executado pela RGE, UFSM e Mont Soluções e tinha o objetivo de propor ações proativas que reduzissem as despesas com a energia elétrica e promovessem a conscientização quanto à utilização eficiente deste insumo. Como estudo de caso, foi implementado o Sistema de Gestão de Energia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), interior do estado do Rio Grande do Sul.

Antes da implementação do SGE – Sistema de Gestão de Energia, a UFSM tinha um processo descentralizado de compras e uma fragilidade nos processos de manutenção. A contratação da energia era realizada por área administrativa. A análise das faturas era bastante superficial e frequentemente o pagamento ocorria com atraso e com a incidência de multas, devido ao processo moroso. Os valores pagos também eram acrescidos de multa por excesso na demanda contratada e pelo baixo fator de potência, o que também acarretavam multas. Itens adquiridos não eram padronizados, tampouco consideravam as informações de rendimento e vida útil dos equipamentos.

O SGE implementado na UFSM solucionou os problemas existentes e apresentou alto potencial de redução de despesas com energia elétrica, contemplando metodologia, ações eficientes de gestão, controle da contratação e utilização da energia. O sistema permitiu a elaboração de um programa de efficientização com metas e justificativas das ações, apoiados pela administração da UFSM. Ao longo do desenvolvimento foram empreendidas ações visando conscientizar e envolver todo o efetivo de 4700 servidores, 30.000 alunos (Portal UFSM em Números) e demais partes interessadas no programa. Estabeleceram-se índices

máximos de consumo, avaliaram-se as oportunidades com a implementação de planta de minigeração e ações de eficiência energética baseado em fontes renováveis, dentre outras ações.

Para que fosse possível a redução das despesas com energia elétrica na UFSM foi criada uma Equipe para implementar e gerir um Sistema de Gestão de Energia baseado na Norma NBR ISO 50.001/2018. A norma define a necessidade de criação de uma política energética, indicadores de desempenho energético, definição de objetivos e metas da organização, que devem ser atualizadas periodicamente. O desenvolvimento dessa dissertação estabeleceu que a forma de aquisição e utilização da energia devem ser analisadas no início dos trabalhos e revisadas periodicamente.

1.2 MOTIVAÇÃO

A despesa com energia elétrica é um dos principais itens de custeio em várias instituições públicas, de modo que uma quantia elevada de recursos públicos é destinada ao pagamento da fatura de energia elétrica dessas instituições.

Apesar dos esforços de vários órgãos e instituições públicas, há, ainda, vários entraves à melhoria da eficiência energética no uso final de energia elétrica no setor público. Parte considerável desses gastos pode ser evitada por meio de ações de eficiência energética e da implantação de sistemas de geração própria de energia (minigeração).

Assim, este trabalho desenvolveu soluções inovadoras no âmbito de novos processos e produtos com o objetivo da redução do consumo de energia elétrica. Os principais desafios e avanços tecnológicos foram a implementação de sistema de gestão energética com a metodologia descrita na NBR ISO 50.001; implementação de planta de minigeração fotovoltaica; substituição de equipamentos ineficientes por outros de melhor rendimento; tele gestão da iluminação pública; sistema de medição com comunicação sem fio e central de monitoramento das medições dos prédios da UFSM; estudos de ações de eficiência energética em instituições públicas de ensino superior referentes à iluminação e conforto térmico.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi demonstrar o desenvolvimento de soluções inovadoras

de eficiência energética e minigeração em instituição pública de ensino superior, aplicando a metodologia descrita na Norma ABNT NBR ISO 50.001 – Gestão de Energia, implementando ações de redução de consumo e uso racional da energia elétrica e instalação de geração de energia elétrica através de fonte fotovoltaica, entre outras ações.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Acompanhar estudo sobre melhoria da eficiência dos painéis fotovoltaicos por meio de arrefecimento geotérmico com reconfiguração das conexões entre os módulos fotovoltaicos e a energia geotérmica superficial;
- Otimizar os recursos integrados de minigeração em instituições públicas de ensino superior;
- Acompanhar as pesquisas de novas tecnologias de iluminação com tele gestão;
- Analisar a viabilidade técnico-econômica dos sistemas de iluminação em salas de aula, prédios administrativos e vias públicas;
- Acompanhar os estudos de conforto térmico (refrigeração/ar condicionado) em salas de aula e prédios administrativos visando ampliar a eficiência energética;
- Acompanhar o desenvolvimento de um sistema de comunicação para medição remota de prédios públicos;
- Acompanhar o desenvolvimento da central de medição;
- Implementar sistema piloto de minigeração e eficiência energética;
- Implementar a substituição de equipamentos ineficientes por outros mais modernos e com melhor rendimento;
- Contribuir para a redução das barreiras técnicas, financeiras, jurídicas, administrativas e tecnológicas para implantação de minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior e demais instituições públicas;
- Avaliação e análise dos resultados obtidos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação foi dividida em seis capítulos, conforme segue:

Capítulo 1: Introdução para contextualização do tema abordado, caracterização, motivação, objetivos e estrutura do trabalho;

Capítulo 2: A revisão bibliográfica abordando conceitos e tópicos referentes a

implementação de SGE e suas aplicações. Comenta-se também sobre outros trabalhos desenvolvidos sobre o tema;

Capítulo 3: Fundamentação Teórica através da abordagem da implementação do trabalho na UFSM e suas particularidades;

Capítulo 4: Apresentação da metodologia desenvolvida para implementação do SGE na UFSM;

Capítulo 5: Apresentação dos resultados obtidos dos SGE implementado;

Capítulo 6: Apresentação das conclusões e considerações finais desta dissertação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A energia elétrica é hoje um elemento essencial e vital para qualquer nação, sendo o alicerce do desenvolvimento econômico e dos altos níveis de vida que atualmente se verificam. Face ao contínuo crescimento da população mundial, é essencial que se diversifiquem as fontes de energia primária e se ampliem, num curto prazo de tempo, a eficiência dos sistemas de conversão de energia, de modo a atender, de forma sustentada e equilibrada, ao previsível aumento de consumo de energia elétrica no futuro (SOUZA, 2011).

A ISO 50.001 é a forma normatizada de implementação de um SGE. A lista oficial com a relação de certificação é publicada anualmente pela ISO. Outra lista, no entanto, não oficial, feita por 116 profissionais voluntários, é publicada e atualizada mensalmente (PEGLAU, 2014). Esta lista é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Lista de países com Certificação na norma ISO 50001

País	Certificações	País	Certificações
ALEMANHA	3.441	TAILÂNDIA	41
FRANÇA	943	JAPÃO	40
HOLANDA	408	POLÔNIA	32
REINO UNIDO	355	ROMÊNIA	29
ITÁLIA	245	EMIRADOS ÁRABES	23
ESPANHA	227	CHILE	21
SUÉCIA	224	HONG KONG	20
ÍNDIA	161	CAZAQUISTÃO	19
CORÉIA DO SUL	123	IRÃ	17
TURQUIA	120	GRÉCIA	16
TAIWAN	119	NORUEGA	15
ÁUSTRIA	99	BRASIL	13
IRLANDA	93	CHINA	13
RÚSSIA	65	ESLOVÊNIA	13
DINAMARCA	64	FINLÂNDIA	12
EUA	62	TOTAL (+ não listados)	7.345

Fonte: PEGLAU, R. Atualizado em 30.05.2014

Os valores da Alemanha são surpreendentes, liderando a lista com mais de três mil certificações com larga distância do segundo colocado, a França. Os cinco próximos da lista são ainda países da Europa: Holanda, Reino Unido, Itália, Espanha e Suécia. Nos Estados

Unidos são também relativamente poucas as certificações. Profissionais deste país justificam que a norma ISO 9001 também não teve muita procura nos anos iniciais, mas posteriormente o crescimento do número de certificações foi rápido e hoje o país se encontra entre os dez com mais certificações no mundo. O mesmo sucedeu no Japão.

No Brasil tem-se um baixo número de certificações. Sugere-se: a falta de experiência com de normas de gestão de energia, a pouca importância dada à EE (denotada na baixa intensidade das ações dos programas governamentais), a pouca dependência de importação de energia, a predominância de renováveis na matriz energética do país e a ausência de incentivos. Apesar disso, a norma provê as organizações com estratégias técnicas e gerenciais para aumentar a eficiência energética, reduzir custos e melhorar o desempenho ambiental. Baseado na vasta aplicabilidade nos setores econômicos nacionais, a norma pode influenciar até 60% da demanda de energia mundial (PIÑERO, 2011). A Metalplan Equipamentos foi a primeira indústria de compressores do mundo a ser certificada no Brasil.

Por outro lado, a eficiência energética é bastante difundida no Setor Elétrico Brasileiro. Uma significativa fonte de recursos para o desenvolvimento de projetos no segmento energético é através do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento e Programa de Eficiência Energético da ANEEL, instituídos através da Lei 9.991/2000. Ambos os Programas permitem desenvolver e implementar iniciativas voltadas ao desenvolvimento de novas tecnologias para um consumo mais consciente e seguro da energia elétrica, resultando em uma redução efetiva de consumo e reduzindo desperdícios nos mais variados segmentos do processo produtivo.

Em busca por trabalhos já realizados no Brasil, verifica-se uma boa representatividade de projetos cadastrados na ANEEL, desde 2009 até os mais recentes, principalmente nos temas de minigeração e iluminação. No entanto, os projetos são relacionados à minigeração na rede elétrica e iluminação pública. O diferencial deste trabalho está no desenvolvimento de soluções específicas para as instituições públicas de ensino superior, como iluminação e conforto térmico em salas de aulas e prédios administrativos, sistema de comunicação remoto para medição de prédios públicos, entre outros. Adicionalmente, foram desenvolvidos três programas de computador referentes ao sistema iluminação pública com tele gestão, sistema de comunicação e sistema de gestão energética, específicos para as instituições públicas de ensino superior, com grande potencial de difusão neste setor e similares (hospitais, quartéis, bases aéreas, entre outros).

Algumas iniciativas no Brasil estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Projetos realizados no Brasil no âmbito do Programa de P&D da ANEEL

Empresa	Sigla	Código ANEEL	Título do Projeto
Companhia Energética do Ceará	COELCE	PD-0039-0034/2010	Sistema Robusto de Controle e Monitoramento Remoto de Iluminação em Subestações de Energia
Companhia Energética do Ceará	COELCE	PD-0039-0038/2010	Pesquisa e Desenvolvimento de Solução para Iluminação Interna Utilizando Tecnologias de LEDs Orgânicos (OLEDs)
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	COELBA	PD-0047-0006/2009	Sistema de medição de energia em iluminação pública antivandalismo
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	COELBA	PD-0047-0025/2009	Sistema de Gestão Compartilhada de Iluminação Pública Para as Prefeituras Municipais Utilizando Sistema de Informações Geográficas da Distribuidora
Centrais Elétricas do Pará S/A.	CELPA	PD-0371-0016/2013	Ferramentas de Apoio a Concessionária e ao Consumidor para a decisão de micro e minigeração distribuída com fontes solar fotovoltaicas em redes de distribuição de Energia Elétrica
Espírito Santo Centrais Elétricas S/A.	ESCELSA	PD-0380-0008/2011	Metodologia computacional e dispositivo eletrônico de coleta de dados para auxílio à detecção de perdas de energia na iluminação pública
Light Serviços de Eletricidade S/A.	LIGHT	PD-0382-0037/2010	Sistema sem fio de controle de iluminação
Ampla Energia e Serviços S/A	AMPLA	PD-0383-0046/2011	Medição do consumo de iluminação pública via rede mesh em ambiente de smart grid
Elektro Eletricidade e Serviços S/A.	ELEKTRO	PD-0385-0025/2010	Relé Inteligente para Iluminação Pública com Interface de Rede para Smart Grid ELEKTRO
Ampla Energia e Serviços S/A	AMPLA	PD-0383-0034/2010	Sistema eletrônico de captação e direcionamento de iluminação natural para edificações utilizando fibras óticas - GIRASSOL ELETRÔNICO
Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A	ELETROPAULO	PD-0390-1045/2010	Utilização de LEDs em Iluminação Pública: Análise de Desempenho e Implantação
Bandeirante Energia S/A.	BANDEIRANTE	PD-0391-0016/2014	Medição e Automação de Iluminação Pública com Integração em Redes Inteligentes
Energética Barra Grande S/A	BAESA	PD-3936-0311/2011	Sistema integrado de iluminação baseado em LEDs de alto brilho com alimentação por sistema híbrido: placas fotovoltaicas, miniaerogeradores e energia elétrica da rede de distribuição
Energética Barra Grande S/A	BAESA	PD-3936-3314/2014	Nacionalização da Tecnologia de Captação da Luz Solar e Desenvolvimento de Sistema Híbrido Controlado (Solar e Fotovoltaico) para Iluminação de Ambientes através de Luminária Híbrida (Difusor e LED)
Companhia Estadual de Energia Elétrica	CEEE - GT	PD-5785-2131/2012	Maximização da potência e rendimento de centrais fotovoltaicas conectadas à rede usando rastreamento solar, concentradores planos e condicionamento geotérmico
CEMIG Distribuição S/A	CEMIG-D	PD-4950-0379/2012	D379 - PA - Sistema para gestão de iluminação pública e medição com uso de rede de comunicação híbrida

CEMIG Distribuição S/A	CEMIG-D	PD-4950-0509/2012	D509 - DE - Desenvolvimento de ferramenta computacional para gestão do manejo arborização urbana junto às redes elétricas e iluminação pública
CEB Distribuição S/A	CEB-DIS	PD-5160-1210/2012	Desenvolvimento, implantação e testes em parque da CEB de sistemas físicos de geração distribuída que contemplem sistemas, que utilizam conceito de equipamentos inteligentes para iluminação pública
Celesc Distribuição S.A.	CELESC-DIS	PD-5697-4508/2010	Sistema de Iluminação Pública com Elevado Desempenho Operacional e Consumo Otimizado

A partir da Chamada Pública de Projetos 001/2016 da ANEEL, foram desenvolvidas inúmeras iniciativas de implementação de SGE's ou estudos referentes a IDE's, geração distribuída, principalmente a fotovoltaica, porém o PA 3034 da CPFL foi o único que implementou um SGE baseado na ISO 50001. Esta dissertação descreve o processo de sua implementação.

Muitas foram as publicações referentes a este trabalho, sendo o mais importante o artigo "Gestão de Energia Inteligente em Instituição Pública" apresentado no COBEE/2019 – 16º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, sendo premiado como o Melhor e Mais Inovador Projeto daquele Congresso. A Figura 1, ilustra a premiação recebida.



Figura 1 - Premiação 16º COBEE/2019

Este trabalho descreveu a metodologia de implementação de um SGE em uma instituição pública de ensino, incluindo o desenvolvimento de uma política energética, automação na leitura dos medidores, tratamento das informações de consumo, definição dos IDE's com os respectivos objetivos e metas, monitoramento dos resultados com acompanhamento da alta direção. Ações de eficiência energética e conscientização dos agentes

envolvidos também foram estabelecidas para o atingimento das metas. Todo o processo acompanhado por software dedicado e desenvolvido para atender as necessidades do Sistema e da instituição piloto, a UFSM.

Alguns trabalhos que abordam implementação de um SGE são encontrados na literatura como o de (SILVA, 2015) o qual descreve a implementação de um SGE no Departamento de Engenharia Mecânica na Universidade de Coimbra, Portugal. Ele enfatiza a necessidade de economizar energia na sede da Universidade e detalha sobre as ações de eficiência energética implementada na iluminação, além da instalação de uma usina fotovoltaica e seus resultados. Já o trabalho de (FICHERA, 2020) aborda os IDE's, como criá-los, monitorá-los e controlá-los utilizando métodos padronizados baseados na ISO 50001 e 50006. O artigo de (FROZZA, 2012) comenta em seu estudo um método de implementação de um SGE utilizando os preceitos da ISO 50001 baseado em Programas Governamentais de eficiência energética, principalmente Programa de Eficiência Energética da ANEEL. (SOUZA, 2011) propôs um estudo de implementação de um SGE focado na redução na fatura através da correção do fator de potência e melhoria da iluminação na sede da Universidade do Porto em Portugal. Em (NETO E PONTES, 2020) apresentaram um estudo superficial das bases necessárias para a implementação de um SGE no Tribunal de Contas do Ceará, baseado na ISO 50001. Os autores percorrem o processo de implementação, porém não o monitoram como um sistema permanente. Outras ações posteriores aos estudos devem solidificar os processos. O trabalho de (PINTO, 2014) traz um debate sobre a Norma ISO 50001, quanto a sua eficácia frente a criação de um SGE. Propôs algumas reflexões bastante interessantes quanto aos requisitos e às condições preconizados pela Norma.

Durante a revisão da bibliografia foram identificados muitos trabalhos abordando o tema “Gestão de Energia” e outros tratando de “Implementação de SGE”, porém com foco bem distante do que aborda essa dissertação, conforme descrito neste capítulo. Como evidência forte desta característica, destaco a premiação recebida no 16º COBEE/2019.

A Figura 2 mostra um comparativo entre as abordagens dos principais trabalhos com desenvolvimento de temas equivalentes, porém com outros focos de aprofundamento.

Autor	Tema
Silva, 2015	Detalha sobre ações de eficiência energética implantada na iluminação da Universidade de Coimbra - Portugal
Fichera, 2020	IDE's - Como criá-los e monitorá-los
Frozza, 2012	Implementa SGE baseada na ISSO 50.001 baseado em programas governamentais de eficiência energética
Souza, 2011	Redução da fatura através da correção do fator de potência
Neto e Pontes, 2020	Estudo superficial das bases necessárias para a implementação de um SGE no Tribunal de Contas do Ceará, baseado na ISO 50001
Pinto, 2014	Traz um debate sobre a Norma ISO 50001, quanto a sua eficácia frente a criação de um SGE

Figura 2 – Outros trabalhos desenvolvidos no mesmo tema

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Alguns conceitos serão tratados no decorrer deste trabalho e estão descritos neste item para facilitar o entendimento dos estudos realizados.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A ABNT é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/NOS) e das Comissões de Estudos Especiais (ABNT/CEE) são elaboradas por Comissões de Estudos (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

A ABNT é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, fornecendo insumos ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. Trata-se de uma entidade privada, sem fins lucrativos e de utilidade pública, fundada em 1940 *Wikipedia.

Norma ABNT NBR ISO 50.001

A Norma ABNT NBR ISO 50.001 – Gestão da Energia, foi publicada em dezembro de 2010 e é aplicável a qualquer organização que busque aprimorar o controle da utilização da energia. Visa também fomentar de forma eficiente o uso sustentável de qualquer tipo de energia.

A normatização abrange desde a aquisição da energia, criação de uma política energética e indicadores de desempenho energético e definição de objetivos e metas da organização. A forma de aquisição e utilização da energia devem ser analisadas no início do trabalho e revisadas periodicamente.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a versão atualizada e publicada em 2018 que foi elaborada pelo Comitê Brasileiro de Gestão e Economia de Energia (ABNT/CB-116), pela Comissão de Estudo de Gestão de Energia (CE-116:000.001).

O documento é uma adoção idêntica, em conteúdo técnico, estrutura e redação, à ISO 50.001:2018, que foi elaborado pelo *Technical Committee Energy management and energy savings* (ISO/TC 301), conforme ISO/IEC Guide 21-1:2005.

Sistemas de Gestão de Energia

Sistema de Gestão de Energia (SGE) é uma abordagem sistemática e estruturada que tem por finalidade a otimização do uso de energia, ou seja, o aumento da eficiência energética.

Um SGE aplicado segundo a Norma ISO 50001 destina-se a qualquer tipo de organização que pretenda posicionar-se na vanguarda na gestão da energia, aplicando-se quer

na indústria como nos serviços e em todas as regiões do mundo.

A versão brasileira da norma é a NBR ISO 50001:2018, define um sistema de gestão de energia como um conjunto de elementos interrelacionados que permitem estabelecer uma política e objetivos energéticos, assim como os processos para alcançar esses objetivos. Anos após a publicação da Norma NBR ISO 50001 verificava-se uma grande aceitação. A manter-se esta tendência, isto significa que se irá generalizar cada vez mais, a nível mundial, uma abordagem sistemática da gestão de energia nas organizações, sendo este um sinal muito positivo no que respeita à melhoria do desempenho energético daí decorrente, assim como à diminuição da intensidade carbônica das organizações, dois dos principais objetivos da norma (AIDA, 2014)

O desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Energia inclui uma política energética, objetivos e metas energéticas e planos de ação voltados a sua eficiência energética, uso e consumo da energia e atendimento aos requisitos legais.

Para garantir o sucesso da implementação do sistema de gestão de energia é indispensável contar com o compromisso da alta gestão. Entre outras responsabilidades, esta deve definir um responsável pela gestão de energia que por sua vez cria uma equipe e define os papéis e responsabilidades.

De acordo com Saidel (2005), a gestão de energia pode ser conceituada como um conjunto de fundamentos, técnicas e ferramentas de ordenamento e conservação de energia, visando seu aproveitamento ótimo em bases sustentáveis, viabilizando estratégias de solução de problemas sócio-ambientais presentes e futuros, minimizando a ocorrência de conflitos e sustentabilizando as atividades econômicas, conservando simultaneamente os ecossistemas envolvidos

Alta Administração

A alta administração é composta por pela liderança máxima da organização. Ela tem a responsabilidade de alcançar e atender a todos os requisitos do sistema. Para implementação de um Sistema de Gestão de Energia, a alta administração normalmente nomeia um representante que tem como atividade e responsabilidade a implementação, manutenção e melhoria do sistema, ainda que a titularidade pela prestação de contas em todos os seus requisitos permaneça com as lideranças máximas da administração.

Política energética

A Política Energética de uma organização deve abranger todos os requisitos da ISO

50001 por meio das fases de planejamento, implementação, operação, avaliação do desempenho e melhoria contínua do sistema. Ela demonstra o compromisso da alta administração quanto a sua intenção e diretriz no quesito energia.

Indicadores

O IDE Indicadores de Desempenho Energético é o instrumento que utilizamos para acompanhar a evolução do Sistema a ser implementado. Parte-se de uma Linha de Base Energética que servirá de parâmetro inicial da situação das instalações e, a partir de então, as medições seguintes permitirão medir a performance do sistema.

Para a definição dos IDE's faz-se necessário uma avaliação das instalações, principalmente nos USE's – Uso Significativo de Energia que são constituídos pelos equipamentos e/ou processos em que estão os itens de maior consumo da instalação.

As medições a serem realizadas são de suma importância, devendo os seus equipamentos serem confiáveis e com a precisão necessária para aquela utilização.

Linha de base energética

É a linha de início para as ações de melhoria dos IDE's, a referência para as medições futuras a fim de avaliar as alterações deste desempenho

Objetivos e Metas e Plano de Ação

A partir da elaboração do diagnóstico energético e do estabelecimento da linha de base e dos IDE's, a organização deve estabelecer e implementar objetivos e metas energéticas.

Posteriormente, um plano de ação deve ser montado e implementado para alcançar os objetivos e metas estabelecidas. O plano deve conter designação de responsabilidade, meios e estruturas para o alcance dos objetivos e metodologia para verificação de resultados.

Eficiência Energética

A eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. A promoção da eficiência energética abrange a otimização das transformações, do transporte e do uso dos recursos energéticos, desde suas fontes primárias até seu aproveitamento. Como pressupostos básicos, a manutenção das condições de conforto, de segurança e de produtividade dos usuários, contribuindo, adicionalmente, para a melhoria da qualidade dos serviços de energia e para a mitigação dos impactos ambientais.

AEE's – Ações de Eficiência Energética

São consideradas ações de eficiência energética as iniciativas e projetos que visam a promoção do uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da organização, desde que demonstrem a importância e a viabilidade técnica e econômica, mantendo, ou melhorando o nível de conforto da atividade, ou seja, reduzindo o desperdício de energia elétrica e melhorando a eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia.

As ações mais comuns de eficiência energética estão relacionadas a iluminação, refrigeração, força motriz, aquecimento, condicionamento ambiental, automação de processos. Também cabe salientar que a conscientização é uma importante ação de uso racional e seguro da energia.

Auditorias interna e externa

Afim de avaliar o SGE implementado, verificar a sua aderência aos requisitos necessários ao atendimento da Norma ISO 50.001, ou seja, se os agentes integrantes da equipe tem as competências necessárias, estão devidamente treinados e conscientizados, se a comunicação está acontecendo de forma a dar divulgação das ações, se a documentação está sendo gerenciada e controlada, são necessárias auditorias no sistema que podem ser realizadas por pessoas da própria universidade ou por algum agente externo. Em ambos os casos, a equipe de auditoria deverá estar devidamente capacitada e treinada para esta atividade.

O entendimento dos conceitos descritos neste capítulo é parte essencial para que o SGE tenha solidez e que sua estrutura permaneça ativa. As ações de eficiência energética devem ser implementadas permanentemente para que os objetivos e metas definidas em conjunto com a alta administração sejam alcançadas.

4 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

4.1 ASPECTOS GERAIS

A metodologia utilizada na implementação do Sistema de Gestão de Energia na UFSM foi baseada na Norma NBR ISO 50.001/2018 e sua sistemática segue a Figura 3:



Figura 3 – Ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA)

Onde:

P → Planejar - se refere a compreender o contexto da organização, estabelecer uma política energética e uma equipe de gestão da energia, considerar as ações para enfrentar os riscos e oportunidades, conduzir uma revisão energética, identificar os usos significativos de energia (USE), os indicadores de desempenho energético (IDE), a(s) linha de base(s) energética (LBE), objetivos e metas energéticas, e planos de ação necessários para obter resultados que levarão a melhoria do sistema energético de acordo com a política energética da organização.

D → Fazer (Do) – implementar os planos de ação, controles de operação e manutenção, e comunicação, assegurar competência e considerar o desempenho energético e aquisição.

C → Verificar (Check) – Monitorar, medir, analisar, avaliar, auditar e realizar análise(s) crítica(s) pela direção do desempenho energético e do SGE

A → Agir (Act) – adotar ações para tratar não conformidades e melhorar continuamente o desempenho energético e o SGE.

O processo de implementação do sistema no âmbito da Universidade iniciou-se com a nomeação do CGE – Comissão de Gestão de Energia. O Reitor designou seus representantes com habilidades e competências apropriadas e que, independentemente de outras atividades desenvolvidas na Instituição, tivessem a responsabilidade e a autoridade para implementação e gestão do sistema.

Dentre as principais responsabilidades do CGE, destacam-se:

- Garantir que o SGE fosse estabelecido, implementado, mantido e continuamente melhorado de acordo com a Norma;
- Identificar pessoas autorizadas por nível gerencial apropriado para trabalhar com os representantes da direção no apoio das atividades de gestão da energia;
- Relatar à alta direção o desempenho energético;
- Relatar à alta direção o desempenho do SGE;
- Garantir que o planejamento das atividades de gestão da energia estivesse destinado a apoiar a política energética da organização;
- Definir e comunicar responsabilidades e autoridades para facilitar a efetiva gestão da energia;
- Determinar critérios e métodos necessários para garantir que tanto a operação como o controle do SGE fossem efetivos;
- Promover a conscientização da política e objetivos energéticos em todos os níveis da organização.

Posteriormente foi criada uma equipe operacional para a criação efetiva dos procedimentos e demais documentos e processos inerentes a implementação de um SGE.

As principais atribuições do grupo de implementação são:

- Elaborar diagnóstico energético;
- Definir IDE's – Indicadores de Desempenho Energético;
- Definir os objetivos e metas do sistema;
- Medir, controlar e analisar os resultados periódicos dos IDE's, dos objetivos e das metas definidas;
- Propor e realizar ações de melhoria;

- Divulgar os resultados do SGE;
- Gerir o sistema.

Para receber toda a documentação e os registros referentes ao sistema foi desenvolvido um software dedicado ao SGE com arquitetura modular, ou seja, permitir a ativação, interação e desativação de partes da ferramenta de forma autocontida, conforme resumo esquemático demonstrado na Figura 4.

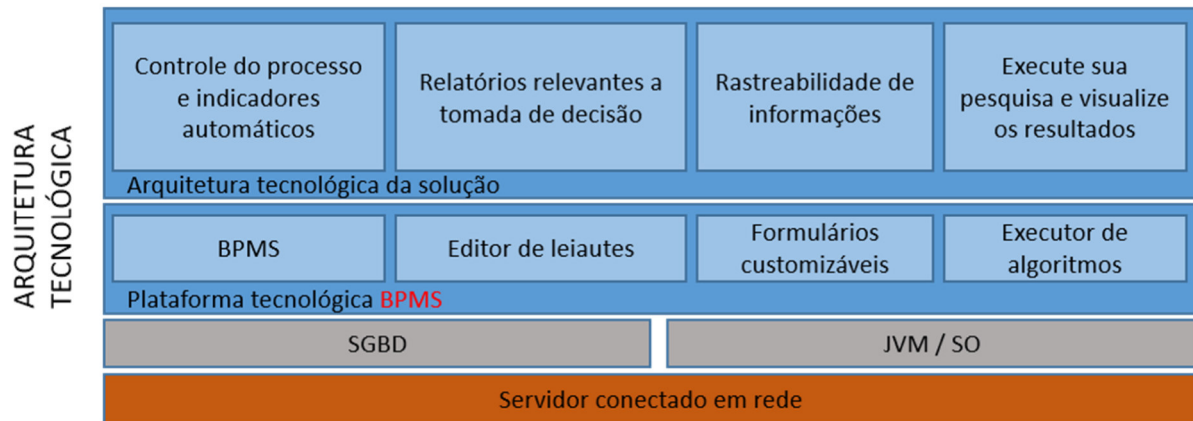


Figura 4 – Arquitetura tecnológica genérica/modular

Na figura 4 é possível observar, debaixo para cima, que a partir de um computador servidor conectado em rede o SGBD (sistema gerenciador de banco de dados) e a JVM (máquina virtual JAVA) foram conectados.

Sobre essa camada básica, existe outra camada, denominada plataforma tecnológica BPMS, nela o software BPMS (software para gerenciamento de processos de negócios) executava e permitia que uma série de serviços tecnológicos sejam executados, tais como leiautes de troca de informações, modelagem de telas de software personalizadas e execução de algoritmos. Finalmente, como último componente generalista, a camada arquitetura tecnológica da solução permitia a execução da pesquisa com a visualização dos resultados de forma rastreada e controlada.

Basicamente o software permitia que os algoritmos específicos do SGE fossem executados de forma robusta sobre a Plataforma Web na arquitetura “JAVA/TOMCAT” para servidor de aplicações.

A plataforma foi concebida baseada nos fluxos preliminares desenvolvidas para o sistema. Também foi desenvolvido o fluxo de implantação de documentos, contendo desde a sua elaboração até a sua aprovação, incluindo todas as revisões necessárias e forma de armazenamento dos arquivos. O fluxo está demonstrado na Figura 5.

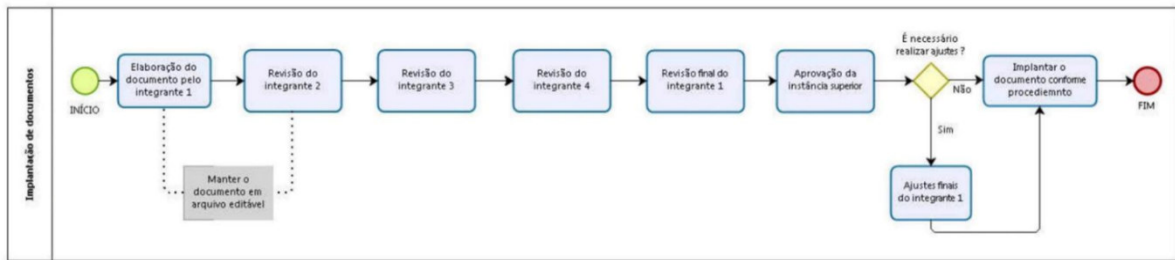


Figura 5 – Fluxo de implantação de documentos

Utilizando o fluxo acima todos os documentos foram criados, revisados e aprovados no sistema. Os principais documentos criados foram:

- PG.01 R00 Pessoal
- PG.02 R00 Controle de Documentos
- PG.03 R00 Controle de registros
- PG.04 R00 Melhoria ação corretiva e análise de riscos
- PG.05 R00 Auditorias internas
- PG.06 R00 Análise crítica pela gerência

Com o objetivo de automatizar o sistema de medição e garantir a veracidade das informações do indicador principal do sistema, foram instalados medidores em todos os Centros da UFSM e criado um protocolo de comunicação que permitia ao Software do SGE, receber automaticamente as informações de consumo de cada unidade medida.

4.2 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO IMPLEMENTADO

A comunicação entre os medidores utilizou a tecnologia LoRa com o protocolo LoRaWAN que implementa toda a estrutura lógica da rede, segurança, qualidade do serviço, ajustes de potência tanto do lado dos medidores (end-points) quanto do servidor. As informações enviadas pelo protocolo LoRaWAN eram criptografadas (AES-128), de modo que somente a aplicação final teria acesso aos dados originais. A arquitetura LoRaWAN é mostrada na Figura 6.

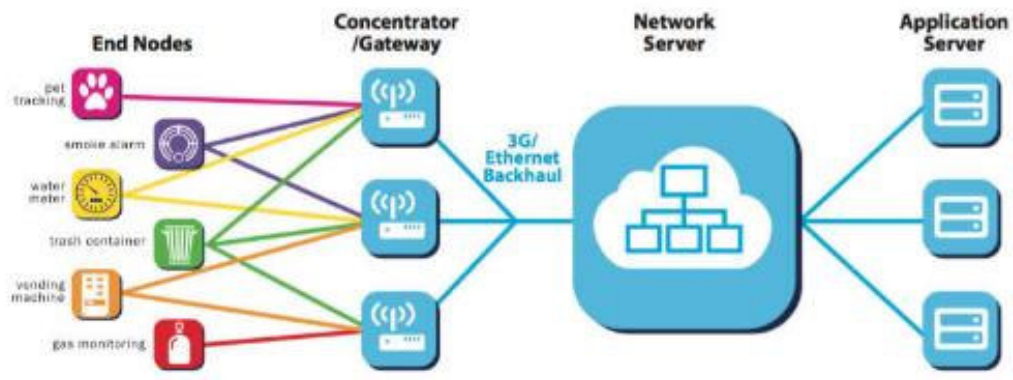


Figura 6 - Arquitetura completa de rede LoRaWAN.

Os medidores de energia elétrica estavam alocados tanto em prédios quanto em transformadores de distribuição, totalizando 60 unidades, de modo a monitorar as grandezas elétricas por meio da rede LoRaWAN, assim, sendo possível tomadas de decisão praticamente em tempo real. O mapeamento dos medidores instalados na UFSM é apresentado na Figura 7.

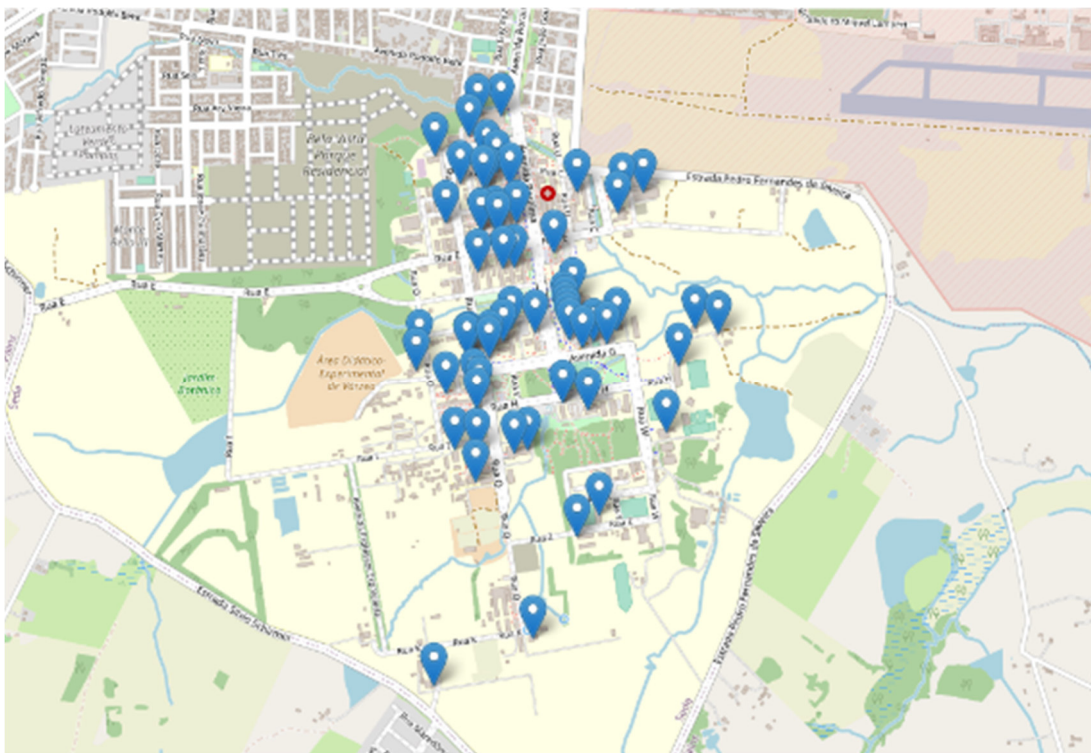


Figura 7 - Mapeamento dos pontos a serem monitorados na UFSM.

Os gateways LoRaWAN são elementos que fazem a ponte entre os 60 medidores e os servidores de rede. Em geral, a arquitetura de hardware de um gateway foi composta por um dispositivo baseado em Linux embarcado, acoplado a um concentrador de rede LoRaWAN e antena para comunicação externa do tipo omnidirecional. A cobertura do gateway (range de

comunicação) também estava diretamente relacionada à antena e a parâmetros de configuração da rede (taxa de transmissão, SF e canal) e são esses parâmetros que tinham uma grande importância na rede, pois cada gateway possuía 8 canais de comunicação multi-SF. A disposição dos gateways LoRaWAN no campus da UFSM estão demonstrados na Figura 8.

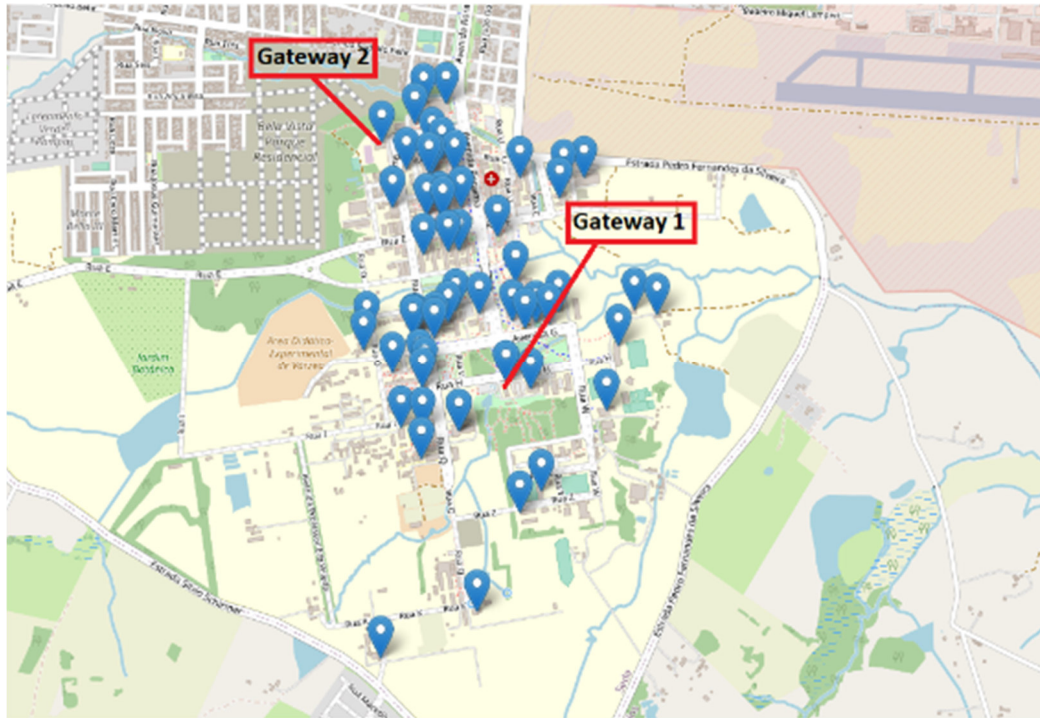


Figura 8 - Disposição dos gateways LoRaWAN no campus da UFSM.

Os dados recebidos eram gerenciados pelo Centro de Processamento de Dados da UFSM (CPD), onde no mesmo disponibilizava a infraestrutura necessária para a execução da plataforma WEB.

O servidor de rede do The Things Network (TTN), responsável por receber os dados, decodificar e interpretá-los. O banco de dados utilizado (InfluxDB) em conjunto com o coletor de dados (Telegraf) e a plataforma (Grafana) que era a base para o sistema supervisor WEB, exibindo os dados para o usuário. O resumo do sistema em nuvem e mostrado na Figura 9.

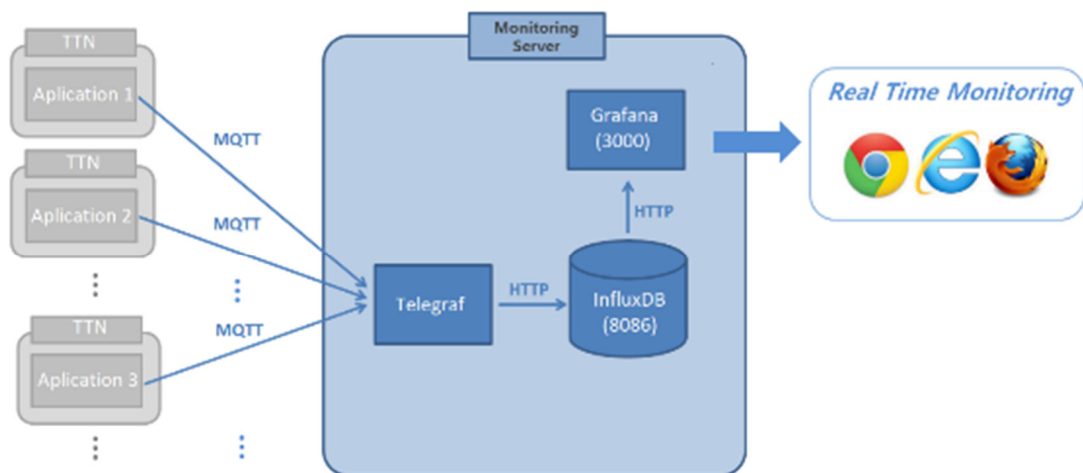


Figura 9 - Resumo dos softwares envolvidos (TTN, Telegraf, InfluxDB e Grafana).

4.3 IDE'S - INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

Para a definição dos IDE's a serem monitorados no âmbito do SGE, foi realizada uma análise das cargas, em especial nas USE - Uso Significativo da Energia e características de consumo foram realizadas para definição dos IDE's – Indicadores de Desempenho Energético, linha de base, objetivos e metas.

O indicador principal foi definido como sendo o consumo do prédio principal do CT – Centro de Tecnologia. Este indicador apoia-se por outros que consideram a utilização das salas de aula e a quantidade de alunos de cada uma. Esta subdivisão entende-se como fundamental para que possamos analisar as cargas térmicas e de iluminação dos ambientes, tendo em vista que estas são as cargas principais do prédio. Os dados dos medidores para realização dos cálculos eram buscados automaticamente pelo software e os demais elementos introduzidos manualmente todos os inícios de semestres, com base nas matrículas realizadas e a grade de utilização das salas.

A carga destinada a iluminação do estacionamento do CT também foi monitorada pelo sistema, alarmando caso alguma luminária tenha alguma falha. O mesmo procedimento foi realizado para o monitoramento da geração solar instalada na UFSM.

A Tabela 3 demonstra os IDE's a serem monitorados, bem como os objetivos em cada um buscava atender na política.

Tabela 3 – IDE's da UFSM com os respectivos objetivos a atendido na Política Energética

Política	Objetivo	Indicador
Desenvolver cultura do uso racional da energia	Consumo de energia por aluno em aulas do prédio do CT	Consumo de energia por aluno nas salas de aula do prédio 07 do CT.
	Disseminar na organização a conscientização do uso racional da energia	Disciplinas com conteúdo sobre uso racional da energia nos cursos de engenharia, arquitetura e afins e suas pós-graduações.
Implantar um Sistema de Gestão de Energia	Gerenciamento sistêmico	Periodicidade das reuniões de análise crítica.
Melhoria contínua dos processos visando a eficiência energética	Eficientização dos processos	Quantidade de lâmpadas fluorescentes substituídas por lâmpadas LED.
		Quantidade de aparelhos de ar condicionado substituídos por aparelhos mais eficientes.
		Redução do consumo anual na iluminação pública do estacionamento por meio da tele gestão.
	Geração anual da usina fotovoltaica.	
	Reduzir consumo de energia nas áreas de apoio	Redução do consumo de energia nas áreas de apoio.

O dashboard contendo os principais dados do sistema foi definido e foi divulgado através da intranet da UFSM e redes sociais.

Há um módulo para anotações de eventos especiais que auxiliavam na análise do desempenho do consumo de energia no prédio do CT e geração de energia na usina fotovoltaica. Exemplo deste item pode ser considerado a pandemia ou alguma manutenção com desligamentos programados, ou, até mesmo, alguma intempérie que resulte em falta prolongada no Campus.

Os indicadores foram calculados como segue:

Consumo de energia por aluno nas salas de aula do prédio 07 do CT (CEpA) (kWh)

É obtido pela expressão: $CEpA = ECpL \text{ (kWh)} / QA$

Onde:

ECpL = Energia consumida no prédio 07 do CT nos períodos letivos, do primeiro ao último dia letivo do ano em análise. Não se considera a energia consumida nos períodos não letivos. (kWh);

QA = Total de alunos matriculados nos cursos com aulas ministradas no prédio 07 do CT no ano em análise. Soma do primeiro e segundo semestres;

Disciplinas com conteúdo sobre uso racional da energia nos cursos de engenharia, arquitetura e afins.

Quantidade de disciplinas que possuíam conteúdo sobre o uso racional da energia em suas ementas nos cursos de engenharia, arquitetura e afins e suas pós-graduações do CT.

Periodicidade das reuniões de análise crítica

Quantidade de reuniões de análise crítica realizadas no período de um ano.

Quantidade de lâmpadas fluorescentes substituídas por lâmpadas a LED

Soma das lâmpadas fluorescentes substituídas por lâmpadas LED mais eficientes.

Quantidade de aparelhos de ar condicionado substituídos por aparelhos mais eficientes

Soma dos aparelhos de ar condicionado substituídos por aparelhos de ar condicionado mais eficientes.

Redução do consumo anual na Iluminação Pública do estacionamento por meio da tele gestão (RCIPE) (kWh)

$$RCIPE = ECIP - ECIP_{tel}$$

Onde:

ECIP: Energia consumida no período de um ano pela iluminação do estacionamento do prédio 07 do CT com lâmpadas LED (kWh);

ECIP_{tel}: Energia consumida no período de um ano pela iluminação do estacionamento do prédio 07 do CT com lâmpadas LED com tele gestão (kWh).

Geração anual da usina fotovoltaica

Soma da energia elétrica gerada na usina fotovoltaica no ano em análise.

Consumo de energia nas áreas de apoio (CEAAp)

$$CEA_{Ap} = CE \text{ (kWh)} / A1 \text{ (m}^2) * A2 \text{ (m}^2) \text{ (kWh)} * FRA(\%)$$

Onde:

CE: Consumo anual de energia no prédio 07 do CT (kWh);

A1: Área total do prédio 07 do CT (m²);

A2: Área total das unidades de apoio do prédio 07 do CT (m²).

FRA: Fator de redução na área física ocupada pelas áreas de apoio/administrativas do prédio 07 do CT (%).

Com base nos objetivos e nos indicadores citados anteriormente, foram definidas as metas de cada um, conforme exposto na Tabela 4.

Tabela 4 – Metas dos IDE's

Indicador	Resp.	Unidade	Meta	Prazo
Consumo de energia por aluno nas salas de aula do prédio 07 do CT	Gerente Técnico do SGE	kWh/aluno	13,0	31/12/2023
Disciplinas com conteúdo sobre uso racional da energia nos cursos de engenharia, arquitetura e afins e suas pós-graduações.	Gerente Técnico do SGE	Unidade	5	31/12/2023
Periodicidade das reuniões de análise crítica	Gerente da Gestão do SGE	Quantidade/a no	4	30/07/2023
Quantidade de lâmpadas fluorescentes substituídas por lâmpadas a LED.	Gerente Técnico do SGE	Unidades	320	30/12/2023
Quantidade de aparelhos de ar condicionado substituídos por aparelhos mais eficientes.	Gerente Técnico do SGE	Unidades	10	31/12/2023
Redução do consumo anual na Iluminação Pública do estacionamento por meio da tele gestão	Gerente Técnico do SGE	kWh	1.774,0	31/12/2022
Geração anual da usina fotovoltaica	Gerente Técnico do SGE	MWh	150,0	31/12/2022
Redução do consumo de energia nas áreas de apoio	Gerente Técnico do SGE	kWh	3.518,0	31/12/2022

4.4 AÇÕES IMPLEMENTADAS

ILUMINAÇÃO DAS SALAS DE AULA

Inicialmente, foram retiradas as medidas da largura, comprimento e altura de alguns modelos padrão de salas de aula da UFSM, principalmente dos Centros de Tecnologia e de Ciência Naturais e Exatas.

Após isso, foi feito o cálculo estimado do número de luminárias necessário para cada modelo de sala de aula a partir do método dos Lúmens, um método muito utilizado em estudos luminotécnicos. Nesta parte, foram utilizadas como bibliografias Hélio Creder e Cotrim. Mais tarde, parte deste método foi automatizado com o uso do software Excel, onde foi possível obter de maneira mais direta alguns destes cálculos, antes desenvolvidos à mão, com o objetivo de ganhar maior agilidade. O mesmo está demonstrado na Figura 10.

Altura	3	Plano de Trabalho	2,2
Largura	6,1		
Comprimento	10,5	K	1,286145
Área	64,05		

Figura 10 – Modelo de cálculo automatizado que possibilitou maior ganho de tempo no dimensionamento.

A partir do cálculo prévio do número de luminárias, o estudo foi passado para o software DIALux Evo. Nesta etapa, o objetivo foi encontrar os arranjos de luminárias que melhor atendiam a norma consumindo a menor energia elétrica possível.

A Figura 11 exemplifica o resultado da simulação no DIALux.

temperatura de cor proporciona um maior contraste dos objetos no recinto, além de deixar o usuário mais alerta e produtivo.

Para as lâmpadas fluorescentes foram consideradas lâmpadas de 1,2m de comprimento, 40 Watts de potência e fluxo luminoso de 2300 lúmens, apresentando uma eficiência de 57,5 lm/W. A temperatura de cor também foi o branco.

TELE GESTÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

O objetivo desta ação de eficiência energética foi a redução do desperdício de energia através da redução da iluminação no horário noturno da madrugada enquanto a circulação de pessoas no Campus era bastante reduzida. Para as definições foram levadas em consideração também a necessidade de manter o ambiente com um mínimo de iluminação afim de evitar a sensação de insegurança.

A metodologia desenvolvida nessa ação iniciou-se com a definição dos requisitos do sistema, sendo estes necessários para atingir os objetivos propostos. Os requisitos necessários foram:

- Medição de tensão e corrente;
- Medição do fator de potência;
- Medição de energia;
- Capacidade de on/off remoto;
- Capacidade de dimmer;
- Capacidade de funcionamento como fotocélula convencional;
- Ter comunicação individualizada sem fio.

As luminárias utilizadas e que atendiam as necessidades desejadas como dimerização eram da Marca ZAGONEL® da linha Lumos e modelo ZL-5917, as especificações destas são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros da Luminária

Descrição	Valor
Potência nominal	150W
Código de referência	ZL-5917
Sistema de fixação em postes	Ø de 48 a 60mm
Estrutura principal de dissipação	Alumínio Injetado
Grau de proteção	IP 67

Lente	Vidro Borosilicato
Ângulo de Irradiação Luminosa	80° x 140°
Distribuição Transversal	Tipo II
Distribuição Longitudinal	Curta
Controle de distribuição de intensidade luminosa	Limitada
Proteção contra impacto	IK 08
Fonte de Luz	Led COB
Temperatura de Cor (CCT)	5.000K
Índice de reprodução de cores (CRI)	70
Classe de eficiência energética	Classe A
Fluxo Luminoso Efetivo (lúmens)(±10%)	16.050 lm
Eficiência Luminosa (±10%)	107 lm/W
Fluxo luminoso do LED (Tj=25°C) (±10%)	22.053 lm
Vida útil do LED	L70 / 50.000 hs
Temperatura do Ambiente de Operação	-30° C a 50° C
Corrente de entrada [127V / 220V]	1,181A / 682mA
Tensão de alimentação	Bivolt 100~250V, 50~60Hz
Fator de potência	>0,98
Distorção harmônica	<10%

da corrente (THD)	
Proteção	Sobre corrente e Sobretensão (10kV e 10kA)
Classe de isolamento elétrica	Classe 1
Sistema de Fococélula	Externo somente
Base 7 segmentos	Padrão ANSI C136.41
Dimerização	Sim
Peso do produto	5,460 kg

A partir da definição dos requisitos necessários, o hardware e o software embarcado (firmware) puderam ser desenvolvidos.

Para isso, a Figura 13 apresenta a máquina de estados do firmware.

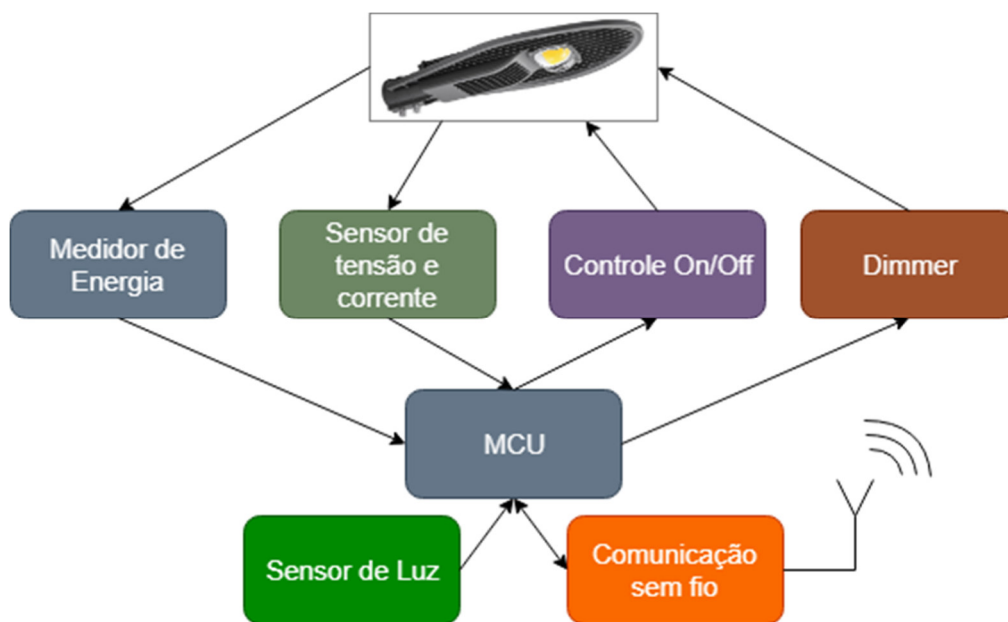


Figura 13 - Diagrama de blocos do sistema de tele gestão

O hardware tinha capacidade de monitoramento e atuação na luminária e comunicação com o software de gerenciamento.

A partir do desenvolvimento do dispositivo e seu firmware, estes puderam ser amplamente testados. Os testes foram realizados em laboratório e em uso no sistema de iluminação real. A Figura 14 e 15 apresentam o dispositivo desenvolvido acoplado na luminária na bancada do laboratório.

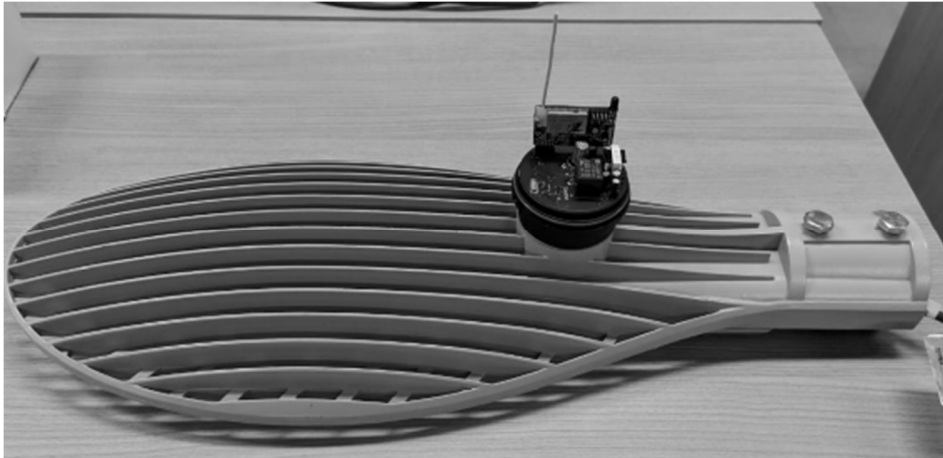


Figura 14 – Dispositivo de tele gestão acoplado na luminária.

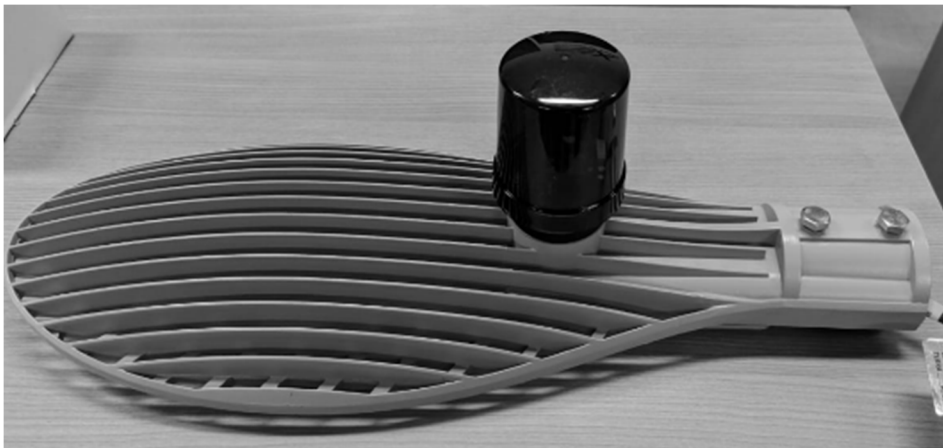


Figura 15 – Dispositivo de tele gestão acoplado na luminária com tampa.

O sistema instalado na luminária no estacionamento do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal de Santa Maria é apresentado nas Figuras 16, 17 e 18.



Figura 16 – Luminária Instalada no CT da UFSM



Figura 17 – Luminária Ligada e restantes desligadas



Figura 18 – Luminária Ligada

INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas fotovoltaicos são fontes inesgotáveis de energia renovável, não emitindo gases de efeito estufa, consensos internacionais na busca de soluções mais eficientes na geração de energia elétrica. Nos últimos cinco anos a expansão das centrais de geração fotovoltaica foi significativa, essencialmente, pela redução do custo dos módulos FV, constatando-se uma redução de preço na ordem dos 50% desde 2010 (FERNANDEZ et al., 2011).

Na UFSM, foi instalado um sistema de geração de energia elétrica utilizando painéis solares com capacidade instalada de aproximadamente 102,6 kWp, conforme Figura 19.



Figura 19 - Planta de Minigeração Solar Fotovoltaica

OUTRAS AÇÕES

Devido a amplitude da UFSM e a limitação financeira definida, restaram inúmeras outras oportunidades de ações de eficiência energética nas suas instalações.

Buscando a maximização de resultados existiam outras iniciativas como sendo parte integrante das ações de implementação do sistema de gestão energética, tais como:

Inclusão e monitoramento de resultados através de Sistema de arrefecimento geotérmico e reconfigurações fotovoltaica solar, conforme demonstrado na Figura 20.



Figura 20 - Planta experimental reconfiguração geotérmica

Central de Medição

A Figura 21 demonstra os pontos de medição instalados no Campus de Santa Maria.



Figura 21 - Central de medição e medidores de comunicação sem fio

Outros estudos também foram realizados no âmbito deste trabalho e seus resultados são mais acadêmicos e poderão ser parte integrante do SGE futuramente, tais como:

- Otimização Recursos Integrados de Geração na UFSM
- Impacto da Minigeração nas Redes Elétricas da UFSM
- Arranjos Técnico e Comercial da Minigeração
- Conforto Térmico em salas de aulas e administrativas

A metodologia preconizada pela Norma e utilizada como base para implementação do SGE na UFSM foi baseada em estudos nas mais variadas áreas e demonstraram que o tema é muito amplo. Ações de eficiência energética demonstradas pela substituição da iluminação interna e externa, tele gestão, implementação de sistema fotovoltaico, entre outros, são apenas parte deste processo. Destaca-se também o desenvolvimento do software de acompanhamento do sistema recebendo automaticamente as medições dos prédios e já tratando-as e os IDE's que permitem um monitoramento permanente do SGE.

5 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos com a aplicação das soluções desenvolvidas.

Foram implementadas as seguintes ações:

Substituição de 1.300 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W e seus reatores, por lâmpadas com tecnologia led tubular de 18W nas salas de aula e/ou salas administrativas. Os reatores utilizados eram do tipo eletrônicos e consomem 1W;

Substituição de 56 pontos com lâmpadas e reatores de VSAP (Vapor de Sódio de Alta Pressão) de 250W por luminárias de Led de 150W na iluminação de suas vias públicas.

Foi implementado também um sistema de tele gestão para a otimização da utilização da iluminação das vias públicas internas da UFSM, visando a redução da potência em horários de menor circulação, ou seja, durante a madrugada e, conseqüentemente redução de custos com energia elétrica, conforme demonstrado nas Figuras 22 e 23.



Figura 22 - Equipe substituindo o sistema de IP.



Figura 23 - Sistema de IP na Avenida Roraima, UFSM.

Para as ações na iluminação foi considerada a necessidade de atendimento a NBR 5413 com realização de medições antes e depois das substituições a fim de que o nível de iluminamento atendesse a referida norma.

Instalação de um sistema de geração de energia elétrica utilizando painéis solares com capacidade instalada de aproximadamente 102,6 kWp. Figura 24 demonstra a planta instalada.



Figura 24 - Planta de Minigeração Solar Fotovoltaica
Fonte: Beltrame, R. C. (2018)

Inclusão e monitoramento de resultados através de Sistema de arrefecimento geotérmico e reconfigurações fotovoltaica solar, conforme demonstrado na Figura 25.



Figura 25 - Planta experimental reconfiguração geotérmica

Otimização Recursos Integrados de Geração na UFSM

Impacto da Minigeração nas Redes Elétricas da UFSM

Arranjos Técnico e Comercial da Minigeração

Sistema de Tele gestão da Iluminação Pública

Iluminação de Salas de Aula

Sistemas de Climatização

Sistema de Comunicação dos Medidores com LoRaWAN

Central de Medição

A Figura 26 demonstra os pontos de medição instalados no Campus de Santa Maria.

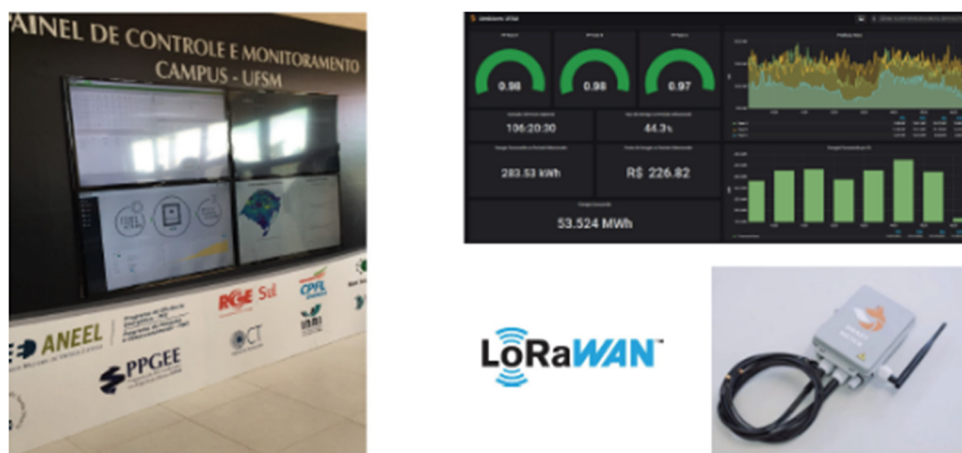


Figura 26 - Central de medição e medidores de comunicação sem fio

Demais Ações Implementadas

Com o objetivo de controlar e reduzir os custos com energia elétrica na Universidade Federal de Santa Maria diversas ações foram realizadas. Entende-se que várias pequenas ações têm resultados significativos em seu somatório. As principais ações são relatadas abaixo.

Ações para evitar o pagamento de multas

Ajuste no processo administrativo de pagamento das faturas de energia elétrica

O processo foi revisto e redefinido. A partir de outubro/2019 os pagamentos são executados ainda dentro do prazo de vencimento da fatura, logo sem a incidência de multas de mora.

Instalação de bancos de capacitores

Com o objetivo de ajustar o fator de potência das instalações da Universidade e estancar o pagamento de multas por excesso de reativos foram instalados dois bancos de capacitores totalizando 600kVAr, um em cada troncal dos alimentadores da UFSM. Um investimento de R\$ 40.000,00. A partir de agosto/2019 o fator de potência foi ajustado e não teve mais a incidência de multas por este motivo. A Figura 27 mostra o equipamento instalado na Av. Roraima e a Figura 28 demonstra a evolução dos pagamentos com multas por excesso de reativos.



Figura 27 - Banco de Capacitores instalado na UFSM

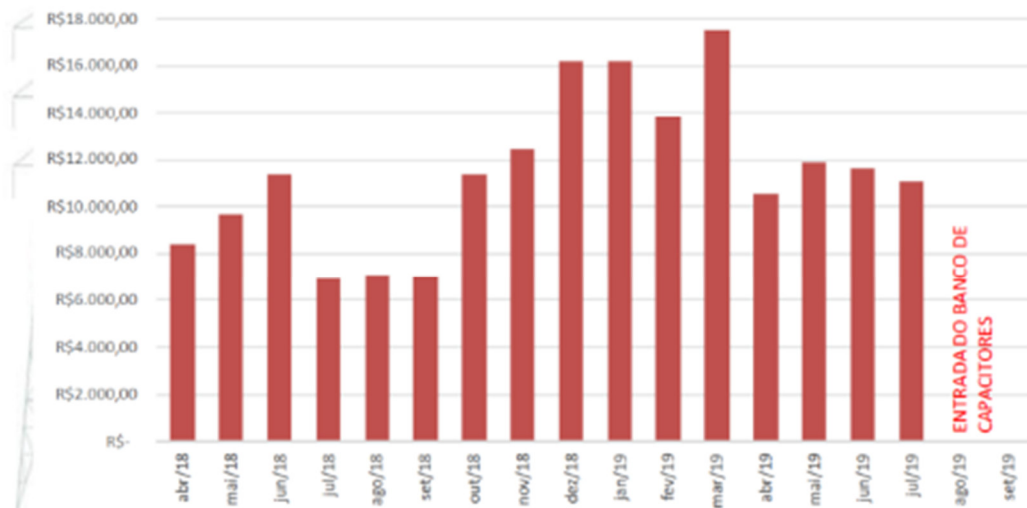


Figura 28 - Pagamento de multas por excesso de reativos

Ajuste na contratação de energia junto a RGE

Foi ajustado o contrato de fornecimento junto a RGE, concessionária local, conforme legislação vigente. A partir de setembro/2019 não existem mais valores na conta por ultrapassagem da demanda contratada.

Ações visando evitar o desperdício de energia elétrica

Orientações quanto a utilização das salas de aulas e salas administrativas

Algumas orientações ao corpo de professores da UFSM foram realizadas com o objetivo de evitar o desperdício de energia elétrica, tais como:

- Uso moderado de ar-condicionado e elevadores
- Desligar tudo nas salas antes de sair
- Desligar frigobares em salas e usar refrigeradores coletivos
- Desligar Quentinhas após as 18h
- Evitar banhos na Casa do Estudante entre 18 e 21h

Estas orientações foram disseminadas a partir de áudios enviados pela Reitoria a cada Centro de Ensino, por mensagens no site e e-mail's para todos os servidores. A adesão foi ampla e contribuiu muito para que os resultados fossem alcançados.

Instalação de 12 lâmpadas Leds para iluminação do estacionamento principal do CT

Em continuidade a instalação de luminárias com tecnologia LED, a UFSM instalou mais 12 pontos de iluminação pública em substituição às lâmpadas vapor de sódio. Estas luminárias

possuíam tecnologia mais moderna e rendimento mais alto o que possibilitava a redução da potência mantendo a intensidade luminosa anterior. Estas luminárias eram equipadas com dispositivos de comunicação que permitiam tele gerenciamento, logo poderiam reduzir o fluxo luminoso durante a madrugada, o que contribuiu para baixar os custos com a energia elétrica.

O resultado principal desta dissertação é a implementação do Sistema de Gestão de Energia no CT, onde foi possível padronizar, monitorar e controlar as despesas com energia elétrica da UFSM. Planeja-se a expansão futura deste Sistema aos demais Centros da Universidade.

Em um dos pilares do sistema, estavam as ações de eficiência energética e os resultados das suas ações foram:

Energia Gerada pelo SSFV de 142,44 MWh/ano

Energia economizada na iluminação de 82,8 MWh/ano

Demanda retirada da ponta de 25,03 kW

Investimento de aproximadamente R\$ 1 MM

Redução anual na fatura de R\$ 127.127,69

Outros resultados referentes as demais ações implementadas na UFSM, tivemos:

Retirada de todos os valores de multas pagas pela Universidade na fatura de energia elétrica, seja por atraso no pagamento, excesso de reativos ou ultrapassagem na demanda contratada.

Redução do desperdício através da orientação aos professores, alunos, servidores técnico-administrativos e demais agentes envolvidos quanto a correta utilização da energia elétrica.

Somando estes resultados, tivemos a redução de aproximadamente R\$ 200 mil na fatura de energia elétrica, conforme demonstrado na Figura 29.

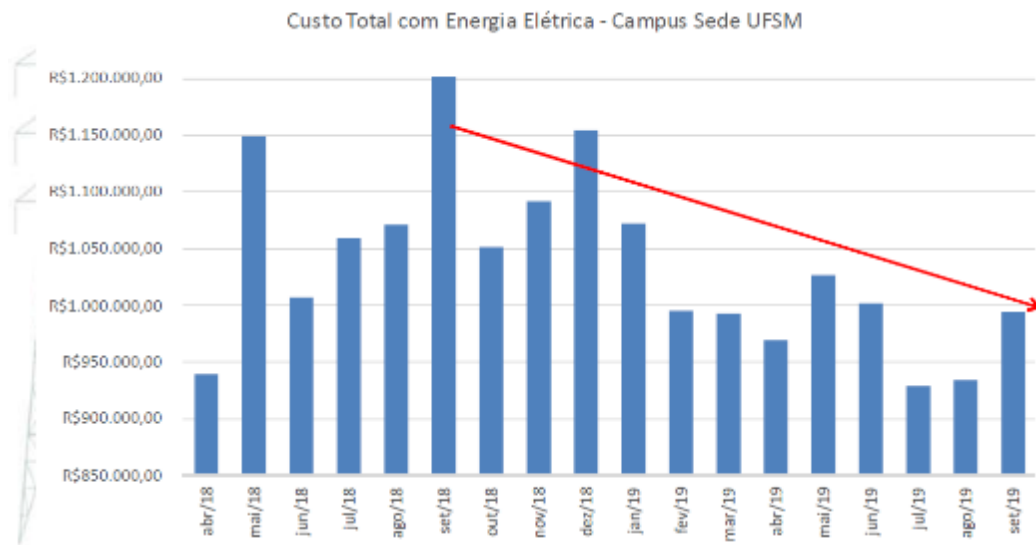


Figura 29 - Evolução da Fatura de Energia Elétrica da UFSM

A viabilidade econômica das ações é garantida pela aplicação dos seus resultados, com uma série de ganhos para o setor elétrico, distribuidora, universidade e sociedade. Como principais benefícios obtidos têm-se:

Redução da conta de energia elétrica na UFSM por meio das soluções desenvolvidas de eficiência energética e minigeração;

Implementação de um sistema de gestão de energia com base na norma ABNT 50.001/2018, visando dar perenidade às ações, podendo ser replicado em outras instituições de ensino e similares;

Implementação laboratorial com conceito de laboratório vivo na UFSM;

Inclusão de conteúdos de eficiência energética e minigeração em disciplinas de graduação e pós-graduação;

Disseminação de conhecimentos e práticas de eficiência energética e minigeração na instituição, abrangendo professores, estudantes e técnicos;

Redução de barreiras técnicas, financeiras, jurídicas, administrativas e tecnológicas para implantação de minigeração em instituições públicas de educação superior e demais instituições públicas;

Difusão tecnológica por meio de publicações técnico-científicas, defesas de teses e dissertações, registros de software no INPI;

Benefícios de imagem para as partes: para a distribuidora por estar promovendo uma iniciativa com alto nível de inovação, abrangência e ganhos para a sociedade; e para a universidade a disseminação e desenvolvimento de tecnologias e práticas de eficiência

energética e minigeração.

Considerando como resultados tangíveis a economia da conta de energia elétrica na ordem de R\$ 200 mil ano com as ações de eficiência energética e minigeração solar fotovoltaica, contrapartida de R\$ 902 mil com a participação de professores da UFSM sem recebimento de bolsas, investimento de R\$ 1 milhão, WACC de 7,5 % e horizonte de 10 anos, resulta nos seguintes indicadores econômicos: VPL de R\$ 750 mil, TIR de 32 % e Payback de 4 anos.

Adicionalmente, também se estimou uma redução do consumo de energia elétrica na sociedade em função da disseminação de boas práticas de uso racional da energia pela comunidade acadêmica da UFSM, em torno de 30 mil alunos e professores, em suas residências. A Tabela 6 exemplifica a economia esperada.

Tabela 6 – Redução de Consumo Esperado na Comunidade

Redução de Consumo na Comunidade	
Comunidade acadêmica (número de residências)	30.000
Consumo médio por residência (kWh ano)	2.400
Residências com redução de consumo (%)	10%
Redução de consumo por residência (%)	10%
Redução consumo por ano (kWh)	720.000
Tarifa da energia elétrica (R\$/kWh)	0,91
Valor total economizado (R\$ ano)	R\$ 655.200,00

Na análise dos resultados alcançados com a implementação do SGE, percebe-se a dificuldade em mensurá-los, pois tem-se uma abordagem bastante ampla neste tema e com espectro que transcende os limites do Campus. Cada um dos alunos, servidores e demais partes interessadas que entendem o processo e percebem os benefícios do Sistema torna-se um multiplicador dos seus resultados, efetivando as ações em suas residências, famílias, amigos, entre outros.

6 CONCLUSÃO

Esta dissertação é parte integrante dos resultados do Projeto de Pesquisa de P&D intitulado “PA3034 - Soluções Inovadoras de Eficiência Energética e Minigeração em Instituição Pública Federal de Ensino Superior: Uma Abordagem na UFSM”, código PD-00396-3034/2017 desenvolvido em parceria com a RGE.

Ressalta-se que as metodologias e soluções estudadas e implementadas foram originais e inovadoras, que resultou em dezenas de publicações de artigos científicos em congressos nacionais e internacionais, teses de doutorado e dissertações de mestrado, registros de programa de computador junto ao INPI, culminando com o recebimento do prêmio de 1º Lugar no Concurso dos Melhores Projetos, Mais Completo e Inovador, para Eficiência Energética do 16º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética (COBEE), promovido pela ABESCO.

Com a implementação do SGE na UFSM concluiu-se que é possível uma empresa pública ter monitoramento e controle dos custos com energia elétrica, apesar de toda a sua estrutura robusta e burocratizada. Rever os processos de contratação de energia, usos e costumes dos agentes envolvidos e planejamento nas aquisições de equipamentos e serviços, colocando a eficiência energética como requisito para a escolha do fornecedor.

A Norma NBR ISO 50001/2018 também demonstra que utilizando o método PDCA de melhoria contínua é difícil alcançar um nível de esgotamento das AEE's, ou seja, sempre tem alguma ação possível, seja por avanço da tecnologia, mudança de hábito ou conscientização. Por outro lado, sabe-se que nas primeiras ações conseguimos resultados maiores com investimentos menores. Na medida em que o processo vai amadurecendo, as AEE's possíveis vão tornando-se mais sofisticadas e com retornos mais longos. No caso das Instituições de Ensino Público no Brasil, sabe-se que muitas ações ficam inviabilizadas devido a características construtivas das edificações em função da idade dos prédios, ou seja, muitas vezes são necessárias intervenções robustas com custos muito elevados para termos resultados compensadores. Em muitos casos são prédios históricos que dificultam mais ainda.

Tendo em vista que a Norma ISO 50001 ainda é bastante recente e os resultados vistosos, a tendência é de difusão dos seus resultados e a adesão cada vez maior de organizações com interesse em sua implementação. Com essa expansão, espera-se uma quantidade cada vez maior de profissionais capacitados para prestar serviços de consultoria e auditoria. Tal evolução permite estabelecimento de benchmarking para os mais variados setores e, através de monitoramento e troca de experiências entre os agentes, avanços cada vez mais vultuosos nos resultados obtidos.

Outro benefício significativo está na Sustentabilidade, pois é domínio público que a

energia é gerada a partir de recursos naturais, obtendo na redução de desperdícios a preservação dos recursos naturais. Muitas organizações incluem a redução do desperdício de água, o que potencializa ainda mais os resultados.

Por fim, entende-se que quanto menor for as despesas da organização com energia elétrica, mais recursos podem ser destinados ao seu fim principal, ou seja, no caso de Entidade de Ensino, mais recurso poderá ser destinado ao aprendizado dos alunos, capacitação do corpo docente, entre outros.

6.1 CONTRIBUIÇÃO OU IMPACTO DESTE TRABALHO

Para as Entidades Participantes

Para a UFSM, os resultados desta dissertação contribuíram para o emprego de ações de eficiência energética e minigeração no campus, beneficiando diretamente os professores e alunos em atividades de ensino e pesquisa, com desenvolvimento de dissertações de mestrado e teses de doutorado vinculadas ao tema, além de diversas publicações e registros de programa de computador junto ao INPI. Por tratar-se de uma instituição federal, com limitação de recursos, o trabalho contribuiu diretamente para fortalecer as linhas de pesquisa da Universidade e criar os mecanismos de gestão energética inteligente.

Com as ações implementadas criou-se o conceito de laboratório vivo na instituição disseminando o uso racional da energia e sustentabilidade. Com a implementação do Sistema de Gestão de Energia, espera-se que as ações de eficiência sejam perenes, além da redução da conta de energia elétrica da UFSM, objetivo principal da chamada pública.

Para o Setor Elétrico

As soluções propostas possuem caráter inovador beneficiando o setor elétrico por meio das ações de eficiência energética e minigeração, com destaque para:

- Disseminar o uso minigeração solar fotovoltaica no setor público, incluindo análises técnico-econômicas e seus impactos nos sistemas elétricos;
- Avaliar os impactos da geração distribuída sobre a qualidade de energia e a proposta de controle dinâmico dos parâmetros chave;
- Identificar possibilidades de otimização dos recursos energéticos, considerando o planejamento integrado dos recursos;
- Promover soluções inteligentes de iluminação pública;
- Implementar sistema de medição com comunicação sem fio e central de baixo custo, para medição de grandezas elétricas;

- Estruturar a etiquetagem de prédios públicos e determinar os parâmetros necessários para construção de prédios energeticamente eficientes;
- Tornar a UFSM um centro de referência para desenvolvimento de soluções aderentes às necessidades do setor elétrico e da sociedade, com destaque para o apoio ao desenvolvimento de projetos de eficiência energética em entes públicos.

Propriedade Intelectual

Foram realizados registros de programas de computador junto ao INPI:

Software de monitoramento em tempo real e gerenciamento de dados de centrais fotovoltaicas com medições individuais dos módulos PV, arrefecimento, concentrador solar e rastreamento solar desenvolvido em C++ utilizando a IDE Qt Creator. (Registro INPI 512020001413-5, 2020)

Sistema Inteligente de Gestão de Energia UFSM. (Registro INPI 512020001414-3, 2020)

Painel de Monitoramento de Grandezas Elétricas do Campus UFSM. (Registro INPI 512020001411-9, 2020)

Sistema de Gerenciamento Inteligente para Iluminação Pública. (Registro INPI 512020001412-7, 2020)

Apoio a Infraestrutura

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) foi diretamente beneficiada com as implementações e desenvolvimentos do sistema constituindo um laboratório vivo na instituição, com destaque para:

- Planta de minigeração solar fotovoltaica em solo (102,6 kWp – 380 módulos de 270 kW), viabilizada através do recurso do Programa de Eficiência Energética ANEEL;
- Tele gestão da iluminação pública (56 pontos);
- Sistema de medição com comunicação sem fio dos prédios públicos (60 medidores);
- Centro de medição e operação integrada.

Socioambientais

A dissertação contribuiu para a obtenção de impactos positivos, incentivando o uso de energias renováveis de energia elétrica e ações de eficiência energética, contribuindo para uma matriz energética mais limpa. O conhecimento adquirido e a estrutura administrativa

implementada foram fontes de disseminação do uso racional da energia e sustentabilidade entre a comunidade.

A economia de energia foi na ordem de 225 MWh ano com a minigeração solar fotovoltaica e ações de eficiência energética, evitando emissões na ordem de 28 toneladas de CO₂ que equivalem a 113 árvores plantadas e cultivadas por 20 anos.

Econômicos

Como principal impacto econômico-financeiro identificou-se a redução da conta de energia elétrica na UFSM por meio das ações de eficiência energética e minigeração, na ordem de R\$ 200 mil ano. Adicionalmente, a cultura de eficiência energética foi difundida para a comunidade acadêmica que conta com mais de 30 mil alunos e professores, portanto com elevado potencial de disseminação desta cultura na sociedade.

As soluções desenvolvidas também tinham grande potencial de replicação para outras instituições públicas de ensino superior e similares.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões de trabalhos futuros referentes a este tema, destacamos a necessidade de aprofundamento e posterior implementação de estudos já realizados no âmbito deste trabalho e ainda não conclusivos para implementação em larga escala onde destacamos:

Sistema de reconfigurações e arrefecimento geotérmico superficial dos módulos fotovoltaicos

Sistema de tele gestão e gerenciamento inteligente da iluminação pública

Estudos de otimização integrada dos recursos de geração da universidade

Análises de arranjo técnico-comercial da minigeração fotovoltaica

Estudo do impacto da minigeração solar fotovoltaica nos sistemas elétricos da UFSM

Sistema de etiquetagem de prédios públicos

Estudos de luminotécnica e conforto térmico em salas de aula e prédios administrativos.

Outros estudos também podem ser iniciados, tais como utilização de arrefecimento geotérmico para sistema de refrigeração, novas tecnologias de iluminação e controle, entre outros.

7 REFERÊNCIAS

AIDA. (2014). Sistema de Gestão Energética. 2014

AMARAL, R. C. Impacto Técnico e Econômico da Energia Solar Fotovoltaica em Prédios Públicos Através de Geração Distribuída. Dissertação de Mestrado. PPGEE/UFSM Universidade Federal de Santa Maria, RS – Brasil. 2016

ANEEL – CHAMADA Nº. 001/2016 – Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D: “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MINIGERAÇÃO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR”. 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 50001:2018 Requisitos com Orientação pra Uso. Rio de Janeiro, 2018.

BAUMGARTEN, C. Modelo para análise da inserção de pequenas fontes solares fotovoltaicas em sistemas de distribuição: Uma abordagem multivariável. 2016

BELTRAME, Rafael Concatto. Time-lapse: Construção da Usina Fotovoltaica da UFSM. 2018. (2m05s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=X0bh2ohWkoA>. Acesso em: 10 out. 2022

CEPEL Guia para efficientização energética nas edificações públicas Versão 1.0. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CEPEL; outubro 2014 coordenador Ministério de Minas e Energia - MME — Rio de Janeiro: CEPEL, Outubro 2014. 229p

COBEE/2019 – 16º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. 2019

CPFL Energia. Projeto – Iluminação Pública. 2006. Disponível em: <<http://www.casoe.com.br/wp-content/uploads/2012/11/g-CPFL-ILUMINA%C3%87%C3%83O-P%C3%9ABLICA-NORMAS-T%C3%89CNICAS-25-09-2006.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2016

CPFL ENERGIA. Projeto P&D ANEEL - PD-00396-3034/2017 intitulado PA3034 -

Soluções Inovadoras de Eficiência Energética e Minigeração em Instituição Pública Federal de Ensino Superior: Uma Abordagem na UFSM. 2017

EPE. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira MME – Brasil, Rio de Janeiro, Maio de 2012

FERNANDEZ, Luis Pieltain; SAN ROMAN, Tomás Gomez; COSSENT, Rafael; DOMINGO, Carlos Mateo; FRIAS, Pablo. Assessment of the impact of plug-in electric vehicles on distribution networks. In IEEE Transactions on Power Systems, vol. 26, no. 1, pp. 206-213, Feb. 2011.

FICHERA, ALBERTO – Energy Performance Measurement, Monitoring and Control for Buildings of Public Organizations: Standardized Practises Compliant wWith the ISO 50001 and 50006. Universidade da Catania, Italy. 2020

FROZZA, JANQUIEL FERNANDO – Metodologia de Implementação de um Sistema de Gestão Utilizando a ISO 50001. UFPR. 2012

GUIA TECNICO: GESTÃO ENERGÉTICA. Procel, Eletrobrás, 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Guia%20Tec%20Proc-Gest%20En-El-Proc-EFFIC-FUPAI-05.pdf>> Acesso em 10 set. 2016

IBM Community. LoRaWAN: uma rede alternativa para a Internet das Coisas. Disponível em: <<https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcbr/entry/mp274?lang=en>> Acesso em: 03 ago de 2018

MANUAL LUMINOTÉCNICO PRÁTICO. Osram, 2011. Disponível em <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>> Acesso em 20 nov. 2016.

NETO, CLODOMIR COMARU e PONTES, RICARDO SIIVA THÉ – Aplicação da Norma ISO 50001 Sistema de Gestão de Energia para o Setor Público – Estudo de caso Tribunal de Contas do Estado do Ceará. XII CBPE/2020 – Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. 2020

NEUSSER, L.. Bases Teóricas e Experimentais para o Gerenciamento da Demanda em Prédios Públicos de Ensino: o Caso da Universidade Federal de Santa Maria”. Dissertação de Mestrado. PPGEE/UFSM Universidade Federal de Santa Maria, RS – Brasil. 2009

PEGLAU, R - Federal Environment Agency (UMWELTBUNDESAMT)- Information provided by email – Acesso em 30 mai 2014

PIÑERO, E. Special Report - Energy Excellence. Available in http://www.iso.org/iso/focus_1105_sr_pinero.pdf Acesso em 09 Set 2022.

PINTO, ALVARO BRAGA ALVES – A Gestão de Energia com a Norma ISO 50001. Universidade Federal de Itajubá/MG. 2014

PORTAL UFSM EM NÚMEROS. Disponível em: <https://portal.ufsm.br/ufsm-em-numeros/publico/index.html>. Acesso em: 19 jun. 2020

RGE SUL – Chamada Pública de Projetos PEE/P&D 001/2016

SAIDEL, Marco Antonio. A gestão de energia elétrica na USP: o programa permanente para o uso eficiente de energia elétrica. 2005. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005

SILVA, EDSON WANDERLEI FURTADO TAVARES - Implementação de um Sistema de Gestão de Energia no DEC. Universidade de Coimbra, Portugal. 2015

SOUZA, RUI MANOEL ALVES – Estudo da Eficiência Energética e Gestão de Energia em Edifícios Escolares. Faculdade de Engenharia do Porto, Portugal. 2011

WOTTRICH, B. Modelo para a Análise Econômica e Financeira em Projetos de Geração Distribuída de Energia com Fontes Alternativas. Tese de Dissertação de Mestrado. PPGEE/UFSM Universidade Federal de Santa Maria, RS – Brasil. 2010

NUP: 23081.031404/2023-92

Prioridade: Normal

Ato de entrega de dissertação/tese

134.334 - Dissertação e tese

COMPONENTE

Ordem	Descrição	Nome do arquivo
10	Dissertação de mestrado (134.334)	Dissertação Pedro Montani.pdf

Assinaturas

21/03/2023 16:15:40

PEDRO DANIEL BACH MONTANI (Aluno de Pós-Graduação)
07.10.01.01.0.0 - PG Engenharia Elétrica - Mestrado - 42002010003M8

22/03/2023 10:07:21

LUCIANE NEVES CANHA (PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR)
07.37.00.00.0.0 - DEPARTAMENTO DE ELETROMECAÂNICA E SISTEMAS DE POTÊNCIA - DESP



Código Verificador: 2508361

Código CRC: 6cc9ea56

Consulte em: <https://portal.ufsm.br/documentos/publico/autenticacao/assinaturas.html>

