UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO

DAYANNE FERREIRA AYRES

FERRAMENTA DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA UFES ORIENTADA PARA GESTÃO DE ENERGIA

VITÓRIA
2020

DAYANNE FERREIRA AYRES

FERRAMENTA DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA UFES ORIENTADA PARA GESTÃO DE ENERGIA

Parte manuscrita do Projeto de Graduação da aluna **Dayanne Ferreira Ayres**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Eletricista.

Orientadora: Profa. Dra. Eliete Maria de Oliveira Caldeira
Coorientador: Prof. Dr. Hans Jorg-Andreas Schneebeli

VITÓRIA
2020

DAYANNE FERREIRA AYRES

FERRAMENTA DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA UFES ORIENTADA PARA GESTÃO DE ENERGIA

Parte manuscrita do Projeto de Graduação da aluna **Dayanne Ferreira Ayres**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Eletricista.

Aprovada em 02, de Março de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profa. Dra. Eliete Maria de Oliveira Caldeira
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Hans Jorg-Andreas Schneebeli
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador

Prof. Dr. Oureste Elias Batista
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Profa. Dra. Tiara Rodrigues Smarssaro de Freitas
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

Dedico este trabalho a todos que me auxiliaram na conclusão dessa etapa e a realizar mais essa conquista.

Aos meus pais, Pedro e Rosimeri, pelo apoio durante esse período e pelo suporte para a realização das minhas escolhas.

À minha irmã Rayanne pelo grande exemplo de superação e força.

Aos meus amigos pelas palavras reconfortantes, não podendo esquecer daqueles que não falam e andam nas quatro patas, mas que estão sempre ao meu lado como Baleia, Ela (Babuda) e Tesla, ou eternamente no meu coração, como Tom e Frajola.

Aos meus orientadores Hans e Eliete por toda ajuda e direcionamento durante a realização deste trabalho.

A todos os professores, que com essa nobre profissão, contribuem para a realização de muitos sonhos.

RESUMO

O consumo de energia elétrica representa uma parte considerável dos custos de instituições de ensino, e a adoção de um sistema de gerenciamento de energia elétrica apresenta grande relevância para promover economia e, consequentemente, uso mais eficiente de verbas públicas. Para auxiliar na adoção de medidas que visam eficiência energética em campi de instituições de ensino, em particular, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), este trabalho propõe o desenvolvimento de uma interface de visualização de consumo de energia elétrica destinada a um público não técnico. Tornam-se indispensáveis a compreensão e adoção de indicadores para a criação de uma interface adequada aos tomadores de decisões, orientando-os na avaliação do consumo e nas medidas que possibilitem a redução do consumo, através de *benchmarking*, ou seja, comparação de desempenho com ambientes similares. Para isto, a escolha dos dados a serem exibidos é fundamental, bem como o uso de indicadores normalizados para comparação entre ambientes similares. Com a ferramenta desenvolvida, possibilita-se essa análise comparativa de consumo de energia elétrica por um não técnico, por meio da informação de área como indicador.

Palavras-chave: Gerenciamento de energia elétrica. Interface de visualização. Eficiência energética. *Benchmarking*.

ABSTRACT

Electricity represents a considerable part of the costs of educational institutions, and the adoption of an electric energy management system is highly relevant to promote savings and, consequently, more efficient use of public funds. With the objective of assisting in the adoption of energy efficiency measures on campuses of educational institutions, in particular, at Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), this paper proposes the development of a visualization interface for the consumption of electricity intended for a non-technical public. Understanding and adopting indicators is essential to create an appropriate interface for decision makers, guiding them in the evaluation of consumption and in the measures that make it possible to reduce consumption, through benchmarking, that is, performance comparison with similar environments. For this, the choice of data to be displayed is fundamental, as well as the use of standardized indicators for comparison between similar environments. With the tool developed, this comparative analysis of electricity consumption by a non-technician is made possible, through area information as an indicator.

Keywords: Electrical energy management. Interface. Energy efficiency. Benchmarking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de topologia de um sistema de gestão de insumos de pequeno porte 17
Figura 2 – Exemplo de topologia de um sistema de gestão de insumos para vários acessos . 17
Figura 3 – Multimedidor de grandeza elétrica TR4020 19
Figura 4 – Topologia para o sistema de gestão de energia 20
Figura 5 – Topologia do sistema de gestão de energia atualmente na UFES 22
Figura 6 – Exemplos de gráficos de Gauge com erros 26
Figura 7 – Esboço da interface proposta 30
Figura 8 – Gráfico para um conjunto de dados de série temporal 31
Figura 9 – Tabelas com informações dos medidores 35
Figura 10 – Memória de massa gerada 36
Figura 11 – Tabela relacional das edificações 36
Figura 12 – Resultado final da interface criada 37
Figura 13 – Alteração de parâmetros na interface 38
Figura 14 – Comparação do consumo de acordo com um índice 39
Figura 15 – Consumo ao longo do tempo 39
Figura 16 – Alteração do consumo entre períodos 40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Representação de uma tabela em um banco de dados 21
Quadro 2 – Representação da tabela com as informações das áreas da UFES..... 29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EEI	*Energy Efficiency Index*
ESCO	*Energy Service Companies*
EVO	*Efficiency Valuation Organization*
IPMVP	*International Performance Measurement and Verification Protocol*
KPI	*Key Performance Indicator*
M&V	Medição e Verificação
NEMVP	*North American Energy Measurement and Verification Protocol*
NTI	Núcleo de Tecnologia da Informação
SQL	*Structured Query Language*
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 Objetivos 13

1.1.1 Objetivo geral 13

1.1.2 Objetivos específicos 13

1.2 Metodologia 14

1.3 Estrutura do trabalho 14

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM CAMPUS 15

2.1 Gerenciamento energético 16

2.2 *Benchmarks* e índices de eficiência energética 17

2.3 Aquisição de dados 19

2.4 Banco de dados 19

2.4.1 Banco de dados relacionais 20

2.4.2 Bancos de dados temporais 21

2.5 O caso da UFES 21

2.6 Definição dos dados e sua interpretação 22

2.6.1 Medição e Verificação (M&V) 23

2.6.2 Técnicas de medição de energia elétrica 24

2.7 Visualização dos dados 25

3 PROPOSTA DE SOLUÇÃO 27

3.1 Requisitos 27

3.2 *Framework* 28

3.3 Criação de um banco de dados 29

3.4 Apresentação das informações 29

4 IMPLEMENTAÇÃO 31

4.1 Escolha do *framework* 31

4.2 O Grafana 33

4.3 Escolha das métricas 34

5 TESTES E RESULTADOS 35

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 41

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 42

APÊNDICE A – GERAÇÃO DOS GRÁFICOS COM O GRAFANA 46

APÊNDICE B – APLICAÇÃO DE FILTROS COM O GRAFANA 48

APÊNDICE C – GERAÇÃO DA MEMÓRIA DE MASSA 53
APÊNDICE D – CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DE TABELAS COM DADOS DA UFES 55

1 INTRODUÇÃO

A redução de custos é sempre um tema importante, principalmente em momentos de crise. A energia elétrica, por sua vez, recebe relevância no assunto, visto que seu preço tem aumentado nos últimos anos (AZEVEDO, 2019) e na procura pela redução desses valores, a gestão de energia passa a ser uma atividade muito importante dentro de uma organização. Neste cenário, práticas que visam a eficiência energética são cada vez mais buscadas, como resultado de uma boa gestão energética.

Quando se trata de gestão é necessário se ter um conjunto de medidas, pois, como apresentado por William Edwards Deming, “não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia” (LUCINDA, 2010).

Desse modo, a fim de se avaliar o uso da energia elétrica e reduzir desperdícios, os gestores necessitam de dados relacionados a esse fluxo de energia para controlar o consumo geral de uma organização. Todo esse volume de informação é obtido por meio dos sensores, devendo ser armazenado e visualizado.

O tamanho de uma corporação exerce um enorme impacto na forma de gestão, de forma que, em uma grande empresa, há uma divisão das atividades de gestão de acordo com setores e se define em cada setor o gestor responsável. A existência de muitos prédios, muitos setores e a distribuição geográfica deles implicam numa forma descentralizada de gerência. A obtenção das informações necessárias para gestão passa a ser então uma das dificuldades no gerenciamento de grandes empresas.

Observa-se que o setor público é responsável por uma grande parcela do consumo de energia elétrica e com potencial de redução. A gestão da energia elétrica pode colaborar significativamente para diminuir os impactos deste consumo nas contas públicas e permitir a destinação de tais economias para outras iniciativas necessárias (SAIDEL, 2005).

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) é um exemplo de instituição pública de grande porte, presente em Goiabeiras e Maruípe, em Vitória, em Alegre e São Mateus, com

uma área global de 302,5 mil metros quadrados de área construída. Apenas no campus Goiabeiras encontram-se mais de 90 prédios.

Visando o melhor controle e monitoramento do uso de energia elétrica para a adoção de medidas que visam a eficiência energética, e consequentemente a redução de custos, estão sendo implantados os medidores inteligentes digitais Embrasul TR4020 no campus Goiabeiras. Na UFES, como em outras universidades, existem prédios com salas de aulas para graduação pós-graduação e extensão, laboratórios de ensino e de pesquisa, edifícios administrativos (reitoria, conselhos superiores, pró-reitorias, superintendências, secretarias e órgãos suplementares), áreas de lazer, e de atividades culturais e desportivas.

No caso da UFES, cada centro representa uma unidade de gestão com grande autonomia. A diversidade de formas de uso dos prédios configura uma dificuldade para as atividades de gestão. Características como a disposição do prédio, o uso das salas e o tipo de prédio irão interferir no perfil de consumo e consequentemente no diagnóstico e na tomada de decisões. Um auditório pode não ser tão utilizado quanto uma sala de aula, e seu consumo também é diferente de um *datacenter*. Da mesma forma, o consumo entre ambientes similares também pode variar, uma vez que existem outros fatores mais específicos, como por exemplo, o número de alunos de um prédio de sala de aula ou a área total desses ambientes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho desenvolveu uma interface de visualização para gestão de energia por meio de exibição de informações como consumo, permitindo a comparação de indicadores para adoção de medidas que visam a redução de custo, ou seja, realizou um *benchmarking* energético. Essa interface é destinada a um público leigo no assunto de eficiência energética.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, desenvolveu-se uma interface gráfica que permite:

1. Visualização de medidas.
2. Visualização de consumo conforme período em análise.

3. Visualização de indicadores que permitam identificar o custo em comparação com outros.
4. Comparação de consumo com parâmetros flexíveis e normalizados para criar um *benchmark*.
5. Alternância entre diferentes perfis de usuários.

Além disso, a solução é de baixo custo e eficiente.

1.2 Metodologia

Como o objetivo é criar uma ferramenta de visualização, a escolha das medidas que devem ser mostradas e a sua forma de apresentação são fundamentais. Também deverá ser realizado o estudo para a escolha de um *framework* que apresente suporte ao banco de dados utilizado para o armazenamento das medidas provenientes da etapa de aquisição, que se encontra em andamento.

Após, será feita a análise de consultas relevantes e a escolha dos dados a serem utilizados para a exibição da interface, bem como a seleção dos gráficos para exibi-los, focando no público leigo. Será também desenvolvida uma interface teste e análise de banco de dados, pois também é necessária a criação de um banco de dados com informações dos prédios da UFES.

A partir das informações obtidas com a aquisição, será criada uma memória de massa e finalizados os testes, ocorrerá a implementação do sistema no servidor.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. A apresentação do tema e sua motivação encontra-se no Capítulo 1. No Capítulo 2 está presente a revisão bibliográfica necessária para o desenvolvimento deste projeto, com explicações relacionadas à eficiência energética, desde a aquisição dos dados até a visualização. O Capítulo 3 apresenta a proposta de solução, abordando os requisitos necessários. No Capítulo 4 encontram-se as escolhas adotadas para o projeto, no Capítulo 5, os testes e resultados obtidos, e no Capítulo 6 a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM CAMPUS

Para a aplicação de medidas que visam a eficiência energética, é importante identificar e compreender quais fatores e variáveis são relevantes para a determinação dessas medidas. Nesse quesito, aparelhos de ar condicionado, sistema de iluminação artificial ou até mesmo variáveis construtivas como formato do prédio, tamanho, altura, orientação, transmitância térmica das paredes interferem no consumo de energia (SIGNOR; WESTPHAL; LAMBERTS, 2001). Tais informações construtivas são importantes de serem analisadas até mesmo na fase de projeto.

Um caso como o da UFES, que já apresenta diversos prédios construídos, cabe, primeiramente, identificar os dados que poderão ser obtidos e realizar uma filtragem daquilo que será relevante. Como a eficiência energética se refere ao uso de menos energia para produzir o mesmo trabalho, indicadores de eficiência energética são usados para revelar o desempenho do consumo de energia (CHUNG; HUI; LAM, 2006). Na busca por esses parâmetros, para o caso em questão, deve-se considerar a divisão do campus em centros, que são administrados por gestores, que no geral são um público inexperiente no assunto de eficiência energética. Assim, os dados devem ser apresentados levando em conta comparações e evolução histórica do consumo, de uma forma visual e intuitiva.

Meier (2002 apud CARLO, 2008) define que podem ser estabelecidos marcos de eficiência, denominados *benckmarks*, a partir de edificações que apresentam atividades em comum. Deste modo, o uso da edificação mostra-se como um fator importante, com a eficiência recebendo uma classificação de acordo com as atividades exercidas, como *benchmarking* para lojas, *benchmarking* para escritórios, por exemplo (CARLO, 2008). Na UFES, estão presentes diversas atividades, com destaques a prédios de salas de aula, laboratórios e administrativos.

A comparação entre equivalentes é de fato importante, pois a representação da eficiência apenas a partir do consumo de energia pela área de piso de um edifício pode não ser adequada, uma vez que pode haver uma grande diversidade em número de pessoas ou equipamentos. Outro caso é o de uma edificação que pode ter um consumo baixo por apresentar pouco uso, quando comparado com um edifício equivalente em área, mas não significa que o primeiro seja mais eficiente, como apresentado por Meier (2002 apud CARLO, 2008). Nesse último caso, se

enquadra um exemplo de um auditório, que poderia ser pouco utilizado, e de forma equivocada ser comparado com uma sala de aula, que apresenta aulas em 2 ou 3 turnos, o que indicaria que o primeiro é mais eficiente.

2.1 Gerenciamento energético

Dentro do contexto de eficiência energética e com o objetivo de implementar medidas eficazes e impedir custos adicionais, muitas organizações têm demonstrado interesse em utilizar ferramentas que auxiliem a gerenciar a energia elétrica (MEDRADO, 2017). O gerenciamento energético de uma instalação requer o pleno conhecimento dos sistemas energéticos existentes, dos hábitos de utilização da instalação, dos mecanismos de aquisição de energia e da experiência dos usuários e técnicos da edificação (GUILLIOD; CORDEIRO, 2010). Dessa forma, o primeiro passo para uma análise energética consiste em conhecer como esse insumo é consumido na instalação e em acompanhar o seu custo e consumo, mantendo, para isso, um registro atualizado (GUILLIOD; CORDEIRO, 2010). Neste trabalho, os usuários não apresentam experiência em gerenciamento, o que torna importante a comparação entre edificações análogas.

O histórico dos dados, por sua vez, é de grande importância para a execução do pré-diagnóstico, podendo fornecer informações preciosas sobre a contratação correta da energia e seu uso adequado, bem como sobre a análise de seu desempenho, subsidiando a tomada de decisões (GUILLIOD; CORDEIRO, 2010). A obtenção e manutenção desses históricos é realizada a partir de uma plataforma de aquisição de dados e controle, na qual se observa o amplo uso de computadores devido a fatores como custo, flexibilidade, facilidade de uso e desempenho (PARK; MACKAY, 2003).

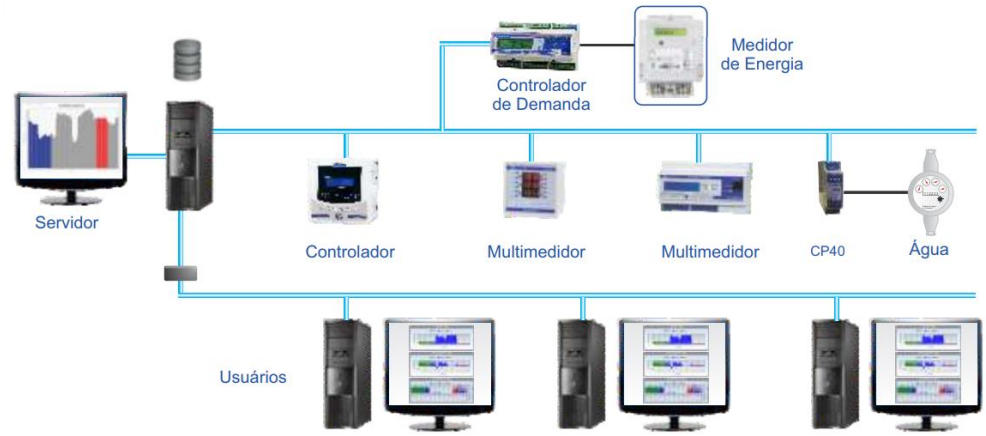
Um exemplo de topologia para um sistema elétrico é demonstrado na Figura 1, na qual são observados alguns pontos de medição de energia elétrica, medição da concessionária de energia, medição de água, entre outros. O armazenamento dessas informações ocorre por meio de um banco de dados, presente no mesmo computador do usuário final, responsável pela análise desses dados.

Figura 1 – Exemplo de topologia de um sistema de gestão de insumos de pequeno porte

Fonte: Embrasul (2015).

A Figura 2, por sua vez, apresenta uma topologia indicada para quando se tem vários acessos, sendo também uma configuração recomendada para gestão de plantas distribuídas em locais diferentes.

Figura 2 – Exemplo de topologia de um sistema de gestão de insumos para vários acessos



Fonte: Embrasul (2015).

2.2 *Benchmarks* e índices de eficiência energética

O Índice de Eficiência Energética (EEI, do inglês *Energy Efficiency Index*) é o índice mais comumente usado como um Indicador Chave de Desempenho (KPI, do inglês *Key Performance Indicator*) para rastrear e comparar o desempenho do consumo de energia nos edifícios (BAKAR, 2015). O conceito desse índice é amplamente difundido, pois é benéfico ter um índice universal para práticas de eficiência energética em edifícios e geralmente, o EEI pode ser visto como a razão entre a entrada de energia e o fator relacionado ao componente que usa energia, conforme indicado na equação (1) (BAKAR, 2015).

$$EEI = \frac{EnergiaUsada}{FatorRelacionadoAoUsoDeEnergia} \quad (1)$$

O EEI é capaz de capturar dados do desempenho energético atual de vários edifícios para formar um *benchmark* como referência para organizações que pretendem monitorar regularmente o consumo de eletricidade (BAKAR, 2015). A medição do EEI é altamente dependente do uso de energia em uma aplicação específica e pode ser influenciada pelos fatores a seguir, dependendo do tipo de edifício (AHMAD, 2012).

- Peso do produto produzido (prédio de indústria);
- Número de itens produzidos (prédio de indústria);
- Peso da matéria prima utilizada (prédio de indústria);
- Período de produção;
- Número de leitos de internação por noite (prédio de hospital);
- Número de quartos ocupados por noite (prédio de hotel).

A definição desses parâmetros está relacionada ao processo de *benchmarking*, para a comparação entre semelhantes e a criação de uma medida padrão normalizada. No caso de prédios de uma instituição de ensino, alguns exemplos de fatores são:

- Número de estudantes em cada edifício;
- Área construída;
- Número de funcionários;
- Períodos das aulas;
- Período de trabalho;
- Reservas de auditórios.

Neste exemplo, de acordo com a proposta do EEI, um índice comum de ser criado é o que relaciona a energia utilizada com a área construída, conforme a equação (2). É importante ressaltar que a equação também deve levar em consideração um intervalo de tempo, que pode ser em mês, anos, etc, uma vez que a energia elétrica, medida em kWh, considera um período medido.

$$EEI = \frac{EnergiaUsada[kWh]}{ÁreaConstruída[m^2]} \quad (2)$$

2.3 Aquisição de dados

A aquisição de dados trata-se de um processo pelo qual um fenômeno físico é transformado em um sinal elétrico que, por sua vez, é medido e convertido em um sinal digital para ser processado, analisado e armazenado por um computador (PARK; MACKAY, 2003).

Um sistema de aquisição de dados e controle consiste numa grande variedade de *hardware* proveniente de diversos equipamentos (PARK; MACKAY, 2003). Esses componentes individuais compõem um sistema completo e funcional.

No caso de estudo, a leitura dos dados é feita por meio dos medidores inteligentes digitais Embrasul TR4020 no campus Goiabeiras, apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Multimedidor de grandeza elétrica TR4020

Fonte: Embrasul (2015).

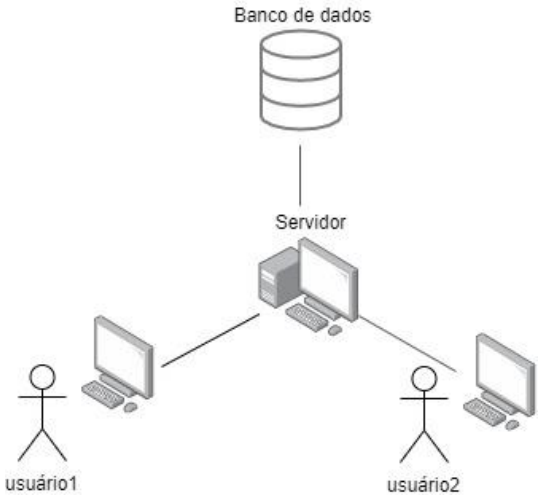
2.4 Banco de dados

Banco de dados é um sistema computadorizado de manutenção de registros, ou seja, é um sistema com a finalidade de armazenar informações e permitir a sua busca e atualização quando solicitado (DATE, 2004). Bancos de dados convencionais apresentam informações referentes à atualidade, de forma que a sua atualização é feita até que os dados não sejam mais verdadeiros, diferentemente de um banco de dados temporal, o qual contém um histórico, podendo haver

informações do futuro e do passado (DATE, 2004). A escolha de um banco de dados leva em consideração o tipo de informação que está sendo manipulada.

Para o compartilhamento desses dados é necessária uma estrutura em rede que deve permitir o acesso por diversos usuários, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Topologia para o sistema de gestão de energia



Fonte: Produção da própria autora.

2.4.1 Banco de dados relacionais

Sistemas relacionais são baseados em um alicerce formal, ou teoria, chamada modelo relacional de dados (DATE, 2004). Esse modelo utiliza um conjunto de tabelas para representar tanto os dados como a relação entre esses dados (SILBERSCHATZ; SUNDARSHAN; KORTH, 2016).

Como o objetivo é realizar comparações a partir de determinados indicadores que irão caracterizar cada construção, é necessário que essas informações estejam armazenadas. É importante ressaltar que um prédio pode ter mais de um quadro de medição de energia, portanto esses dados serão interpretados como de uma área construída diferente. Dentre os indicadores que podem ser armazenados, são relevantes a área construída, o tipo de uso, o número de alunos de um prédio de sala de aula, as horas de uso mensal, que podem ser obtidas a partir do horário de funcionamento, horário das aulas, reserva de auditórios, de acordo com cada tipo de edificação.

O Quadro 1 exemplifica essas informações, de como poderiam ser armazenadas pelo banco de dados.

Quadro 1 – Representação de uma tabela em um banco de dados

ID	Predio	Tipo	Area	Numero_Alunos	Horas_Uso
2	CT2	Sala de aula	2.000	300	200

Fonte: Produção da própria autora.

2.4.2 Bancos de dados temporais

De acordo com a definição clássica, banco de dados temporal é uma sequência obtida a partir de um intervalo de tempo regular em um certo período e, geralmente, consiste em uma sequência que não é necessariamente composta por números (NAMIOT, 2015).

Um grande número de aplicações requer a manipulação de um fluxo elevado de dados. Alguns exemplos são monitoramento de redes de computadores (PORTNOI; MORAES; SWANY), gerenciamento de tráfico de rede (MCLACHLAN, 2008), sistemas de monitoramento contínuo de temperatura e umidade, monitoramento de energia elétrica. O que esses exemplos apresentam em comum é o fato de continuamente apresentarem uma nova medida, caracterizando uma série temporal. Métodos de acesso tradicional se tornam, por sua vez, inapropriados, devido ao custo de atualização desses dados, consequentemente, um desafio envolvendo séries temporais é o de prover algoritmos que sejam eficientes (KONTAKI; PAPADOPOULOS; MANOLOPOULOS, 2007).

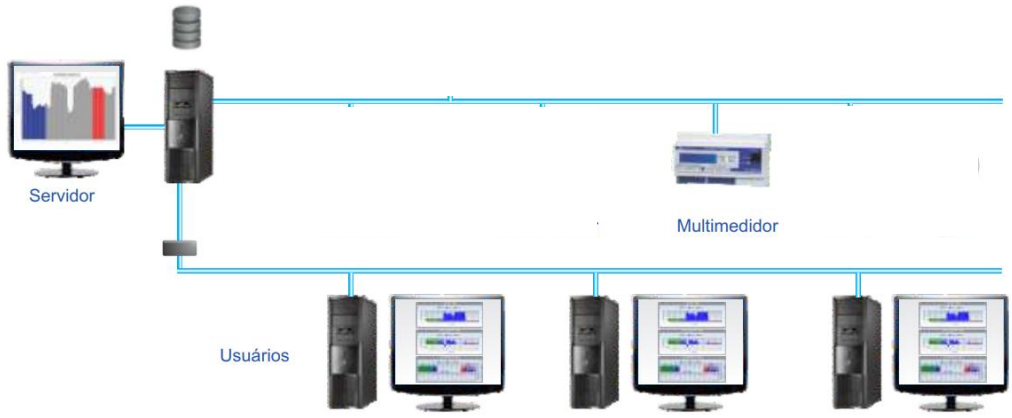
Neste caso em estudo, as leituras dos medidores digitais são realizadas com uma periodicidade de 15 minutos, e um grande volume de informação é gerado e deve ser armazenado. Com base nessas características, as informações fornecidas pelo medidor foram armazenadas em um banco de dados temporal.

2.5 O caso da UFES

A topologia para o caso de gestão de energia da UFES será semelhante ao caso em que há vários acessos ao banco de dados, cujas informações serão provindas de multimedidores de grandezas elétricas TR2040 da Embrasul instalados nos centros, com o servidor presente no Núcleo de

Tecnologia da Informação (NTI) e os gestores são os chefes de cada setor. Atualmente, a estrutura conta com um medidor instalado próximo ao CT XII, conectado em rede por meio de cabo *Ethernet*. A Figura 5 apresenta essa configuração.

Figura 5 – Topologia do sistema de gestão de energia atualmente na UFES



Fonte: Embrasul (2015).

Diversas medidas são fornecidas pelo multimedidor. Todas elas são armazenadas em um banco de dados temporal, de forma que este trabalho é responsável pela exibição dessas informações, ou seja, em extrair as informações do banco e organizá-las graficamente.

2.6 Definição dos dados e sua interpretação

Quando se trata de análise de energia elétrica é importante conhecer o comportamento e de que forma a energia é consumida na edificação, mas como a proposta é de criar uma interface para um público leigo, a adoção de medidas que sejam normalizantes para que se possa realizar comparações apresenta uma grande importância.

As variáveis que interferem no consumo são diversas e como apresentado por Meier (2002 apud CARLO, 2008) existem dificuldades em se definir um indicador de eficiência em termos absolutos, sendo costume utilizar a intensidade energética, consumo por área (kWh/m²/ano), ou até mesmo consumo por ocupação (kWh/pessoa/ano) como verificado em *Electrical and Mechanical Service Department* (2002 apud CARLO, 2008).

Deste modo, a comparação entre edifícios equivalentes pode ser realizada em termos de consumo por área, ocupação, além de outras medidas interessantes como tempo de uso. Por exemplo, uma sala de aula apresenta horários bem definidos, um auditório deve ser reservado, e os funcionários têm horas a serem cumpridas, o que poderia ser fornecido para categorizar o tempo de uso.

Além desses parâmetros, dados como tensão instantânea, consumo ao longo de um período também podem ser mostrados. A compreensão do perfil de consumo também é significativa, principalmente após a adoção de medidas de eficiência energética para verificar se foram bem sucedidas. Para isso, os gestores precisam entender melhor as técnicas de medição e verificação para a percepção do que esperar como resultado após a adoção de um programa de gestão de energia.

2.6.1 Medição e Verificação (M&V)

Medição e Verificação (M&V) é o processo de utilização de medições para determinar, de modo seguro, a economia real criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia (EVO, 2012). Nesse caso, a economia é determinada pela comparação do consumo medido antes e depois da implementação de um projeto, com ajustes adequados, levando em consideração as alterações nas condições (EVO, 2012). Dentre as atividades de M&V observam-se as ações listadas a seguir (EVO, 2012):

- Instalação, calibração e manutenção de medidores;
- Coleta e tratamento de dados;
- Desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis;
- Cálculos com os dados medidos;
- Relatórios, garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

Para verificar se uma ação promove a eficiência energética é preciso medir os resultados relacionados com a redução de consumo de energia e com os ganhos associados (INEE, 2019). Para garantir que os resultados obtidos se mantêm é preciso verificar, por meio de monitoramento contínuo ou não, os seus valores (INEE, 2019).

É importante decidir previamente as metodologias de medição e verificação de resultados, uma vez que não se pode gerenciar o que não se mede. Após a implementação de um projeto não é recomendável negociar novas definições em relação a M&V (INEE, 1997). Um setor de prestação de serviços de conservação de energia começou a surgir em alguns países industrializados com essa finalidade e as empresas que oferecem este tipo de contrato foram chamadas de ESCOs (do inglês, *Energy Service Companies*) (INEE, 1997).

Com a finalidade de estabelecer um acordo internacional nos padrões que determinam os ganhos da eficiência energética, foi criado um documento em 1994 pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos que estabelece um plano de medição. Inicialmente foi elaborado o NEMVP (do inglês, *North American Energy Measurement and Verification Protocol*) e em 1997, foi renomeado para IPMVP (do inglês, *International Performance Measurement and Verification Protocol*) (INEE, 2019). Sendo traduzido para 10 línguas e utilizado em mais de 40 países, foi organizada a IPMVP Inc., empresa sem fins lucrativos para administrar os produtos, e a partir de 2004 passou a ser chamada de EVO (do inglês, *Efficiency Valuation Organization*) (INEE, 2019).

2.6.2 Técnicas de medição de energia elétrica

O uso de técnicas de M&V visa um objetivo mais amplo, que se trata da gestão do uso de energia a partir da verificação de ganhos (INEE, 1997). Por isso é necessário obter medidas de um tempo antes e depois da implementação de técnicas que visam a eficiência energética. O monitoramento, por sua vez, passa a ser um componente central que vem associado a um sistema de controle de processo (INEE, 1997). Esse sistema deve realizar diversas medições por dia, em um intervalo de tempo que no Brasil é caracterizado como sendo de 15 minutos (ANEEL, 2010).

O monitoramento de processos também é uma aplicação crucial para muitos fabricantes, uma vez que processos mal controlados podem produzir produtos defeituosos e desperdiçar recursos (KEITHLEY, 2001). Um sistema de monitoramento de processo a partir de computadores fornece uma solução ideal (KEITHLEY, 2001). Pesquisas indicam que aproximadamente 80% de teste, medição e aquisição de dados são controlados por computador (KEITHLEY, 2001).

Esses sistemas de teste automatizados geralmente usam *hardware* e *software* de aquisição de dados baseados em computador (KEITHLEY, 2001).

Os dados fundamentais para um estudo de eficiência energética podem ser coletados por um sistema de gerenciamento de energia baseado em computador, o que pode ocorrer a partir de diversas topologias para a realização das medições de consumo, destacando-se: leitura dos medidores a partir de um computador; leitura dos medidores a partir de um concentrador; e leitura de medidores com memória de massa (LAPA; SAIDEL; SANTO, 2019).

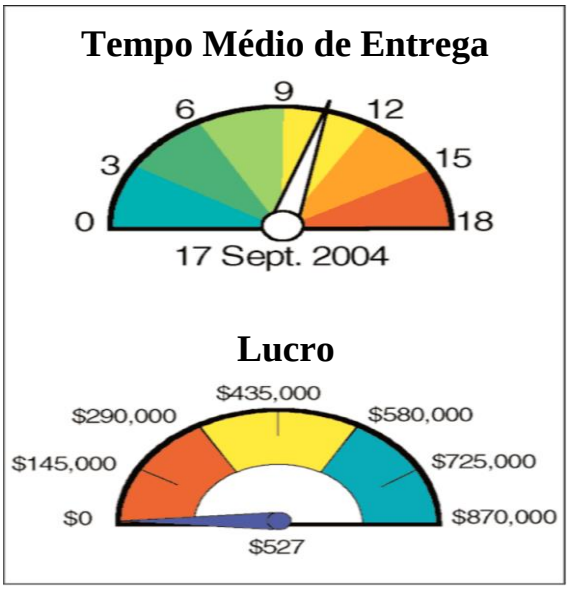
2.7 Visualização dos dados

Passar informações de forma clara e objetiva é o segredo para um bom gerenciamento e monitoramento de tarefas em geral. A forma com que as informações são transmitidas contribui para a tomada de decisões. Esses dados podem ser transmitidos em forma de gráficos de diferentes tipos como gráfico de barras, de pizza, velocímetro (Gauge), tabelas, forma textual, dentre outras (BRATH; PETERS, 2004). A escolha das informações e a forma com que são passadas dependerá do usuário final, o qual deverá realizar as análises.

A escolha correta de métricas e visualizadores é o que torna a informação compreensível e efetiva para quem a consome. Algumas questões merecem ser destacas e respondidas para quem deseja escolher e prover uma interpretação gráfica aos dados: Quais métricas o usuário precisa ver? Em que contexto essas medidas precisam estar para serem compreendidas (Dado instantâneo? Variância? Média?)? Qual a melhor representação visual que mais se adequa à medida a ser passada (Qual tipo de gráfico?)? (BRATH; PETERS, 2004).

A Figura 6 apresenta dois exemplos de gráficos de Gauge com escolhas equivocadas. Nela é possível notar que o gráfico inferior é sobre lucro, mas não se sabe o período em questão, podendo ser por dia, por mês, por ano, etc. O gráfico também não deixa clara a verdadeira meta a ser alcançada, apresentando uma faixa de valores em azul, em vez de um único valor alvo. Já no gráfico superior não está presente a unidade em questão, além de apresentar uma faixa de valores que seriam alcançados apenas idealmente, uma vez que o tempo de entrega nunca será zero.

Figura 6 – Exemplos de gráficos de Gauge com erros



Fonte: Brath e Peters (2004).

Para uma escolha de gráfico apropriada é relevante entender os diferentes tipos de gráficos existentes e a forma como podem ser utilizados. Por exemplo, um gráfico de colunas é usado para exibir uma comparação entre diferentes itens ou para mostrar uma comparação de itens ao longo do tempo (OETTING, 2019). Um gráfico de linhas revela tendências ou progresso ao longo do tempo e pode ser usado para mostrar muitas categorias diferentes de dados (OETTING, 2019). Um gráfico de pizza mostra como as categorias representadas compõem um todo, concebendo números em porcentagens, e a soma total de todos os segmentos precisa ser igual a 100% (OETTING, 2019).

3 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Muitas empresas desenvolvem ferramentas com foco em eficiência energética, integradas a sistemas de medição de energia para monitoramento e gestão de energia, como é o caso da Embrasul. Porém tais ferramentas não apresentam flexibilidade em definição de parâmetros, ou para comparações. Diante disso, este trabalho realiza o desenvolvimento de uma interface própria, que consiga atender ao caso da UFES. A escolha da plataforma para o desenvolvimento de uma interface deve levar em consideração alguns critérios, como o armazenamento e a manipulação de dados, o uso e até se a ferramenta em si é *open source* (SILVAN, 2017).

Para a resolução do problema sem a necessidade de se reescrever código, os *frameworks* contribuem para um desenvolvimento rápido e seguro, sendo diversas as opções existentes no mercado que oferecem facilidade no momento de criação de uma interface. Alguns exemplos encontrados no mercado são Freeboard (FREEBOARD, 2019), Databox (GABROVEC, 2019), Grafana (GRAFANA, 2019), dentre outros.

Nesse sentido os *dashboards* podem ser uma ferramenta de comunicação muito eficiente, uma vez que permitem que uma organização compartilhe objetivos em comum. São painéis customizáveis capazes de exibir métricas e indicadores importantes de uma forma visual, facilitando a compreensão das informações geradas. A criação de um *dashboard* depende da escolha de um *framework*, e de uma seleção adequada de indicadores, sendo este também um ponto crucial para prover transparência nos resultados.

3.1 Requisitos

Levando-se em consideração que este trabalho se propõe em dar continuidade ao projeto de implementação de um sistema de monitoramento de energia elétrica na UFES, algumas etapas desse sistema já se encontravam em andamento por um estagiário do NTI, como por exemplo, a implementação do protocolo de comunicação com os medidores de energia, sendo possível enviar e receber pacotes. A partir da comunicação estabelecida e o tratamento adequado dessas informações, a leitura das medidas fornecidas pelo medidor de energia pôde ser armazenada.

Toda a parte referente a aquisição também estava sendo desenvolvida e foi armazenada no banco de dados temporal TimescaleDB, que funciona como uma extensão do PostgreSQL, utilizando a SQL como linguagem, porém de uma forma mais rápida e em escala, visto que se trata de um banco que deve armazenar um grande volume de dados em um período regular e contínuo, uma vez que o medidor fornece novas medidas a cada 15 minutos.

Com base nisso, o desenvolvimento de uma interface deve levar em consideração a integração ao que já se encontrava em andamento, ou seja, essa interface deve apresentar compatibilidade com TimescaleDB.

Além das especificações mais técnicas para a criação da interface, ela também deve ser capaz de permitir múltiplos acessos, ser de baixo custo, apresentar indicadores que auxiliem na visualização e interpretação dos dados, atualizações constantes e ser flexível, inclusive, para alteração de indicadores. Assim uma tomada de decisão será realizada de forma mais assertiva.

3.2 *Framework*

Um dos mais importantes tipos de reuso é o reuso de *design* (JOHNSON; FOOTE, 1988). A interface de um programa, por exemplo, pode ser descrita em termos dos componentes que a compõem e a interação entre eles. Um *design* abstrato orientado a objetos, também conhecido como *framework*, consiste em uma classe abstrata para cada componente principal (JOHNSON; FOOTE, 1988), ou seja, um *framework* é uma abstração, que fornece uma funcionalidade comum, a partir de códigos genéricos.

A agilidade no desenvolvimento, devido à não necessidade de se programar tudo do zero, é um dos benefícios em se utilizar *frameworks*, que implementam rotinas básicas como por exemplo (SILVA, 2004):

- Conexão com banco de dados;
- Autenticação de usuário;
- Formatação de exibição de campos.

Por essas facilidades apresentadas, o trabalho utilizará um *framework* para seu desenvolvimento, com a escolha sendo definida mais à frente.

3.3 Criação de um banco de dados

Com a necessidade de se categorizar as edificações na UFES e criar um sistema que apresente informações referentes a cada um desses edifícios, este trabalho deverá criar um banco de dados que possa ser integrado ao *framework* escolhido. Dessa forma, o sistema como um todo irá possuir dois bancos de dados integrados, um temporal para o armazenamento dos dados fornecidos pelo medidor de energia, e um banco de dados relacional, que irá conter características dos prédios.

Seguindo as informações que já foram apresentadas e que são relevantes de serem armazenadas, esse banco de dados relacional estará conforme o Quadro 2. Informações como número de alunos e horas de uso ainda não serão armazenadas devido ao não fornecimento dessas informações, o que pode ser implementado futuramente.

Quadro 2 – Representação da tabela com as informações das áreas da UFES

ID	Predio	Tipo	Area
2	CT2	Sala de aula	2.000
3	Reitoria	Administrativo	3.500
4	Cantina do CT	outros	400

Fonte: Produção da própria autora.

Dentre as classificações dos tipos de edificação, se destacam sala de aula, prédios administrativos e outros, que pode englobar área de lazer e cantinas. Além disso, informações provenientes do medidor de energia instalado estão armazenadas em um banco de dados temporal, sendo obtidas as medidas de tensão nas fases A, B e C, corrente nas 3 fases, valores de potência ativa, reativa, consumo total ou em cada fase, dentre outros.

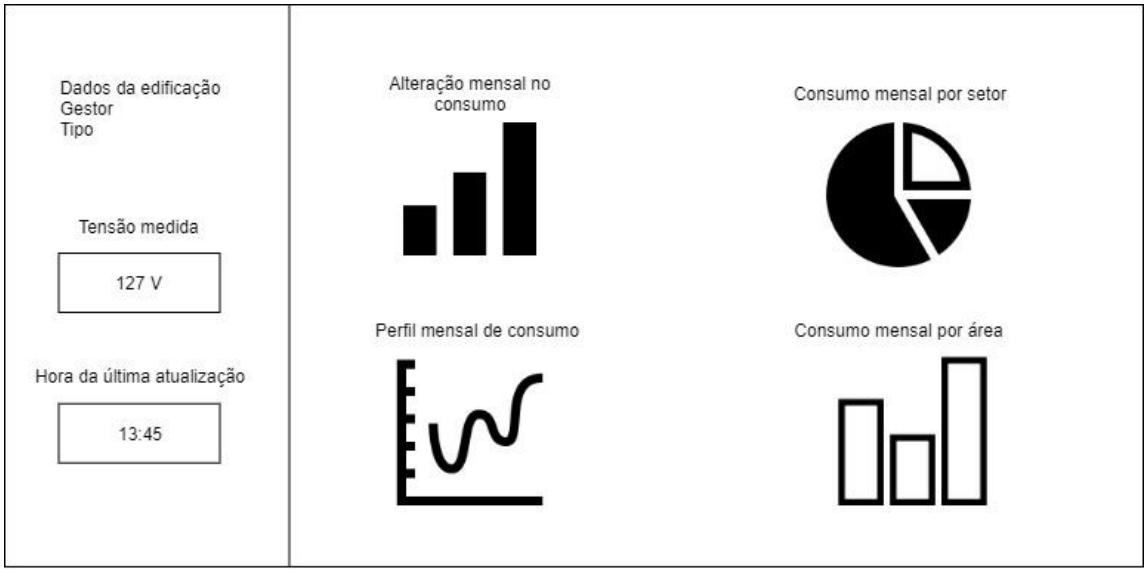
3.4 Apresentação das informações

As principais medidas a serem exibidas são as informações de consumo. A alteração de consumo é melhor representada por gráficos de coluna, e se apresenta como uma informação

importante a ser exibida, principalmente para comparação em períodos equivalentes, após adoção de medidas de eficiência energética. Além disso, o consumo por setor, o consumo por área construída dos edifícios equivalentes, assim como o perfil de consumo também são relevantes.

A Figura 7 apresenta um esboço de uma interface proposta, na qual não estão representadas as unidades e o período, que por sua vez deve possuir flexibilidade na alteração do intervalo.

Figura 7 – Esboço da interface proposta



Fonte: Produção da própria autora.

Como já mencionado, a criação de um *dashboard* é uma forma eficiente de se transmitir informações de um modo objetivo, em uma única tela, mas ainda flexível, de forma que pode ser customizável ou até facilmente atualizado. Por esses motivos, a solução proposta se baseia na criação de um *dashboard*.

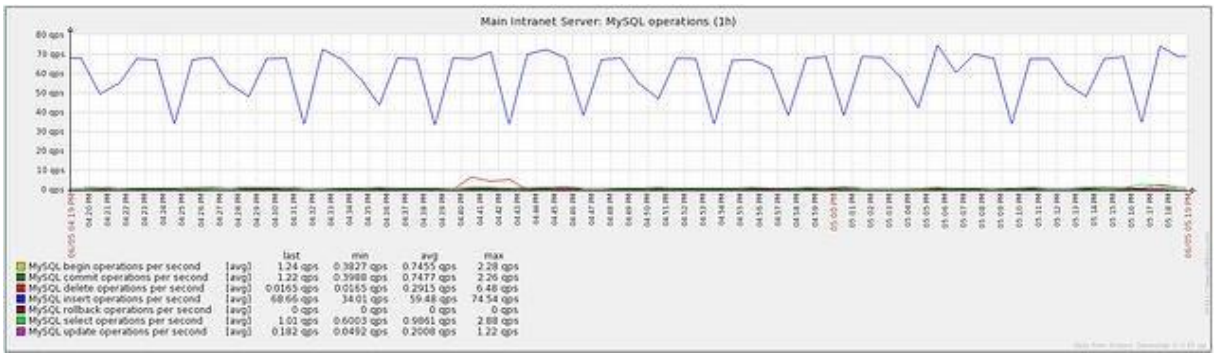
4 IMPLEMENTAÇÃO

4.1 Escolha do *framework*

As séries temporais são utilizadas no monitoramento atual como uma maneira de representar dados numéricos que são coletados ao longo do tempo (LICHTIGSTEIN, 2017). Dessa forma, essas medidas podem ser armazenadas e exibidas de uma maneira mais inteligente e útil, contribuindo para o monitoramento de servidores e serviços, por exemplo (LICHTIGSTEIN, 2017).

Muitas soluções disponíveis já usam séries temporais no repositório de armazenamento métrico e em seus mecanismos de visualização (LICHTIGSTEIN, 2017). A Figura 8 mostra a forma gráfica com que os dados de séries temporais são exibidas no Zabbix, uma ferramenta de monitoramento de rede de código aberto que gera relatórios que podem ser acessados através de um navegador (ANDRADE, 2017).

Figura 8 – Gráfico para um conjunto de dados de série temporal



Fonte: Lichtigstein (2017).

Alguns parâmetros de comparação entre Grafana, Graphite e Prometheus serão apresentadas com o intuito de se identificar os pontos fortes e fracos, que contribuíram para a escolha do *framework*, conforme apresentado por Lichtigstein (2017).

a) Visualização e edição do painel

É a parte principal quando se trata de visualização do monitoramento. Responsável pelo projeto e construção gráfica de séries temporais e organização dos painéis.

Grafana: fácil de ser utilizada, flexível e rica em recursos, sendo a melhor das opções em termos de criação e visualização de *dashboard* e customização.

Graphite: com boas opções de visualização, porém sem a opção de edição de painéis. No geral, Graphite é usado em conjunto com Grafana, como primeiro responsável pelo armazenamento de dados e o segundo pela visualização.

Prometheus: excelente, mas não é fácil usar os recursos de edição de gráficos e painéis. Prometheus utiliza a linguagem de *templates* Go, uma forma poderosa para criação de *templates* e sendo recomendado o uso do Grafana para iniciantes (PROMETHEUS, 2019).

b) Armazenamento

Para que as séries temporais sejam visualizadas, é necessário que elas sejam armazenadas em uma fonte para que haja uma maneira de consultá-las.

Grafana: Não apresenta dentro de sua funcionalidade principal o suporte a armazenamento de séries temporais, sendo apenas uma ferramenta de visualização.

Graphite: Pode armazenar séries temporais obtidas de outras fontes e fornece uma linguagem de consulta para obter os dados armazenados. Novamente, o Grafana pode ser usado com o Graphite para visualizar os dados armazenados em seu *backend* de armazenamento.

Prometheus: A maneira como o Prometheus armazena séries temporais é a melhor devido ao seu modelo dimensional, que usa a marcação de valor-chave ao longo da série temporal para uma melhor organização dos dados e oferece uma consulta robusta. O Grafana pode ser usado com a linguagem de consulta do Prometheus para criar gráficos e painéis.

c) Arquitetura e extensibilidade de *plug-in*

Um dos pontos mais fortes de todas as soluções de *software* modernas é a capacidade de ser estendido pelo uso de *plug-ins* ou outros meios semelhantes. Dessa forma, você pode estender a funcionalidade principal já disponível e incluir um conjunto de funções completamente novas em sua solução.

Grafana: Com um grande conjunto de *plug-ins* aplicados a fontes de dados, aplicativos e edição de painel.

Graphite: Não fornece ou possui uma biblioteca de *plug-ins*. Em vez disso, existem muitas ferramentas que já são compatíveis com o Graphite.

Prometheus: Permite que ferramentas de terceiros exportem seus dados ao Prometheus, sendo chamados de *Exporters*. Além disso, alguns componentes de *software* de código aberto já são compatíveis com o Prometheus.

d) Código aberto vs. Empresarial

É uma prática comum em muitos projetos de código aberto incluir algum tipo de oferta comercial com opções adicionais.

Grafana: o modelo de código aberto é completo e pronto para empresas, não havendo versão comercial específica, porém com uma solução hospedada fornecida pelo Grafana e gerenciada por eles.

Graphite: o modelo de código aberto é completo e pronto para empresas.

Prometheus: Como os outros dois, o modelo de código aberto é completo e pronto para empresas.

Devido às facilidades apresentadas pelo Grafana, essa foi a ferramenta escolhida para o desenvolvimento de um *dashboard* de monitoramento energético. *Dashboards* permitem a visualização de dados, possibilitando, por exemplo em um ambiente de monitoramento, a identificação de anomalias ou padrões que contribuem para a proposta de uma solução mais efetiva (BRATH; PETERS, 2004).

4.2 O Grafana

O Grafana é um *software* de visualização e painel interativo, rico em recursos, que fornece *widgets* diferentes, como por exemplo, séries temporais, tabelas, campos de texto para métricas únicas (BETKE; KUNKEL, 2017).

Ele apresenta uma variedade de recursos que facilita na criação de *dashboards*. A seleção rápida de intervalo torna precisa a navegação dentro de uma série temporal, apresentando também funções de *zoom* e atualização automática e um conjunto de intervalos usados com frequência (BETKE; KUNKEL, 2017).

Os *dashboards* do Grafana podem ser facilmente compartilhados via URL, o que será proporcionado na UFES.

4.3 Escolha das métricas

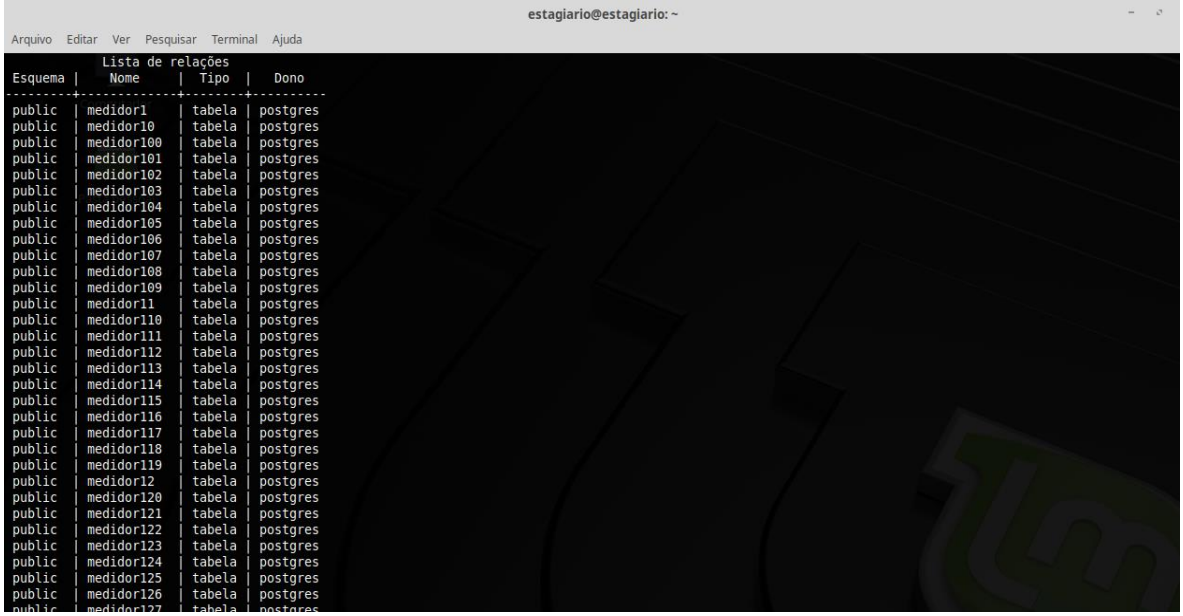
O *benchmarking* de eficiência energética é uma ferramenta importante para promover o uso eficiente de energia em edifícios comerciais, com seus modelos desenvolvidos a partir de indicadores de eficiência energética, contribuindo para o setor público e privado na gestão do consumo de energia (CHUNG; HUI; LAM, 2006).

Normalmente, os indicadores de eficiência energética para edifícios comerciais podem ser obtidos normalizando o uso de energia com a área útil ou horas de operação (CHUNG; HUI; LAM, 2006). De acordo com os dados disponibilizados, o parâmetro normalizante a ser utilizado no trabalho é a área da edificação. Além disso, as categorias criadas serão de prédios administrativos, sala de aula e outros, que compreendem as áreas de lazer, bibliotecas, cantinas, dentre outros.

5 TESTES E RESULTADOS

Como o medidor de energia instalado não apresentava medidas de consumo, pois a princípio não estava conectado na rede, os testes foram realizados com medidas arbitrárias apenas para a criação da interface. Além disso, esses dados foram replicados para a simulação, caso houvessem outros prédios com o equipamento de medição. Dessa forma, as tabelas apresentadas na Figura 9 contêm as medidas que seriam provenientes dos medidores. Além disso, a partir desses valores, criou-se uma memória de massa, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 9 – Tabelas com informações dos medidores



Fonte: Produção da própria autora.

Figura 10 – Memória de massa gerada

medidor1.csv (somente leitura) - LibreOffice Calc

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Estilos Planilha Dados Ferramentas Janela Ajuda

A1 time

Este documento foi aberto no modo somente leitura. Editar documento

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	time	versao	funcremota	reservado	relacaotppri	relacaotpsec	relacaotpfat	relacaotcpri	relacaotcsec	relacaotcfat	rtc_ano	rtc_mes	rtc_diadoano	rtc_diadasemana	rtc_diador
2	2019-07-10 16:26:41-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
3	2019-07-10 16:15:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
4	2019-07-10 15:45:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
5	2019-07-10 15:30:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
6	2019-07-10 15:15:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
7	2019-07-10 15:00:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
8	2019-07-10 14:45:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
9	2019-07-10 14:30:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
10	2019-07-10 14:15:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
11	2019-07-10 14:00:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
12	2019-07-10 10:45:05-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
13	2019-07-10 10:30:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
14	2019-07-10 10:15:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
15	2019-07-10 10:00:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
16	2019-07-10 09:45:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
17	2019-07-10 09:30:05-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
18	2019-07-10 09:15:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
19	2019-07-10 09:00:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
20	2019-07-10 08:30:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	
21	2019-07-10 08:00:04-03	5.23	0	0	220	220	1	5	5	1	2019	7	303	3	

Fonte: Produção da própria autora.

Todas as informações obtidas de cada edificação, como o nome, a área e o tipo de edifício, foram armazenadas na tabela apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Tabela relacional das edificações

dayanne@dayanne-Inspiron-5458 ~/Área de Trabalho/Codigos_7

Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda

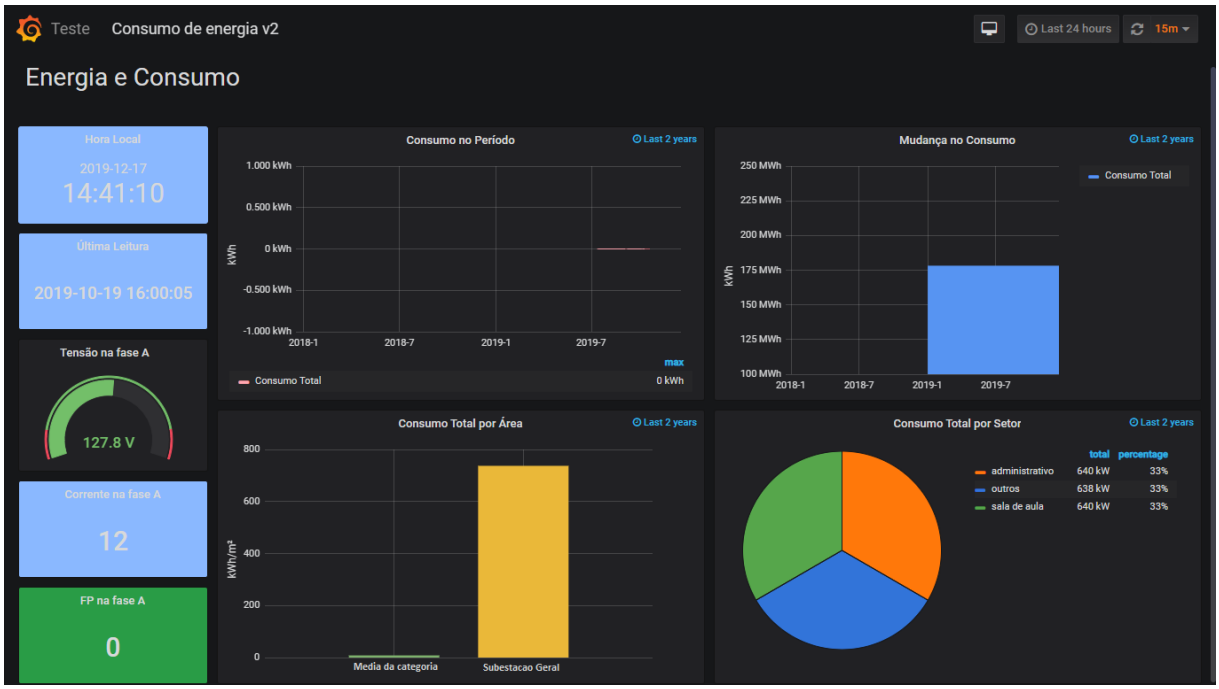
nome	id	area	tipo
Substacao Geral	1	241.800003	outros
Casa de Maq. e Posto Medico	2	156.009995	outros
Arquibancada e Vestiarios da Piscina	3	362.75	outros
Parque Aquatico	4	5700	outros
Quadra de F. Salao/Handebol A	5A	989	outros
Quadra de F. Salao/Handebol B	5B	989	outros
Campo de Futebol	6A	6400	outros
Pista de Atletismo	6B	3735	outros
Salto em Distancia	6C	105	outros
Salto com Vara	6D	135	outros
Quadra de Volei/Basquete (Coberta) A	7A	748.799988	outros
Quadra de Volei/Basquete (Coberta) B	7B	748.799988	outros
Ginasio de Esportes	8	2289	outros
Catetinho	9	494.559998	outros
Centro de Educacao Fisica e Desportos	10	6504	outros
Cantina do CEFD	11	142.399994	outros
Fisiologia do Exercicio	12	854.599976	outros
Sala de Aula CEFD	13	1440.060059	sala de aula
Sede do Sintufes	14	285.73999	outros
Palco Sintufes	15	39.240002	outros
Atelier do Centro de Artes	16	810	outros
Predio Administrativo Centro de Artes	17	1361.969971	administrativo
Predio Audio Visual	18	1035.359985	outros
Auditorio Centro de Artes	19	1316.119995	outros
Centro de Artes - CEMUNI I	20	1764	sala de aula
Centro de Artes - CEMUNI II	21	1764	sala de aula
Centro de Artes - CEMUNI III	22	1764	sala de aula
Centro de Artes - CEMUNI IV	23	1764	sala de aula
Centro de Artes - CEMUNI V	24	1764	sala de aula
Centro de Artes - CEMUNI VI - Psicologia	25	1764	sala de aula
Cantina Centro de Artes	26	0.1	outros
Biblioteca Setorial Centro de Artes	27	475.48999	outros
Caixa econômica Federal	28	699.150024	outros
Escola de Primeiro Grau	29	1339.150024	outros
Restaurante da Creche	30	250	outros
Pre escola Criarte	31	769.150024	outros
Quadra de Esportes da Creche	32	587	outros
Nucleo de Treinamento dos Servidores	33	495.920013	outros
Projeto Camarao	34	133.039993	outros
Laboratorio de Pesquisas Aquaticas	35	273.040009	outros
Reservatorio Inferior A	36A	208.5	outros
Reservatorio Inferior B	36B	208.5	outros

Fonte: Produção da própria autora.

A Figura 12 apresenta o resultado final da interface. Nela é possível selecionar o centro, o período de análise e a fase para as medidas de tensão, corrente e fator de potência apresentadas. A normalização da medida ocorre por meio da área construída, porém, caso estivessem

disponíveis informações como horas de uso ou número de pessoas, elas também poderiam ter sido incluídas. Essa interface é acessível por meio do *link* http://172.20.152.74:3000/, na rede da UFES.

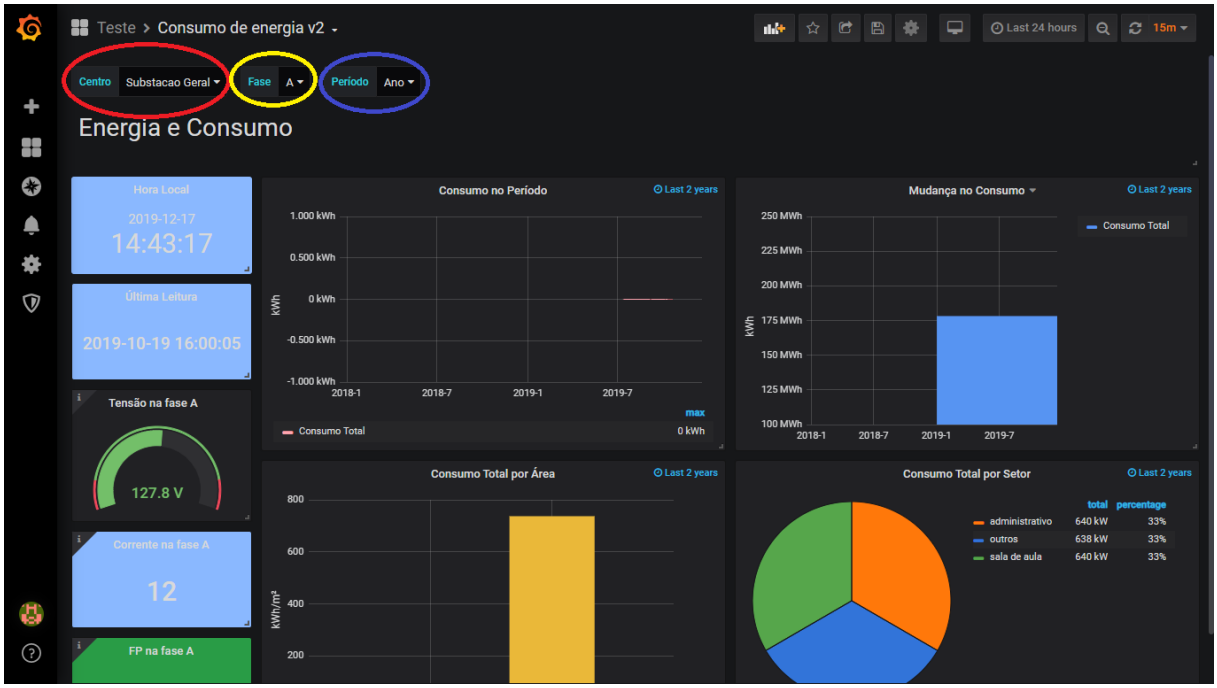
Figura 12 – Resultado final da interface criada



Fonte: Produção da própria autora.

Conforme a Figura 13, a seleção do edifício em análise pode ser modificada conforme uma lista contida no campo “Centro”, destacado em vermelho, e o período pelo campo destacado em azul. No exemplo apresentado, o centro é a “Subestação Geral”, que é categorizado no tipo “outros”. No gráfico “Consumo Total por Área”, que é melhor visualizado pela Figura 12, é verificado que o seu consumo normalizado por área, ao longo dos últimos 2 anos é superior à média do valor total por área das outras edificações do mesmo tipo, ao longo desse mesmo período. Esse exemplo é fictício, com valores arbitrários com o intuito de se verificar as funcionalidades da interface.

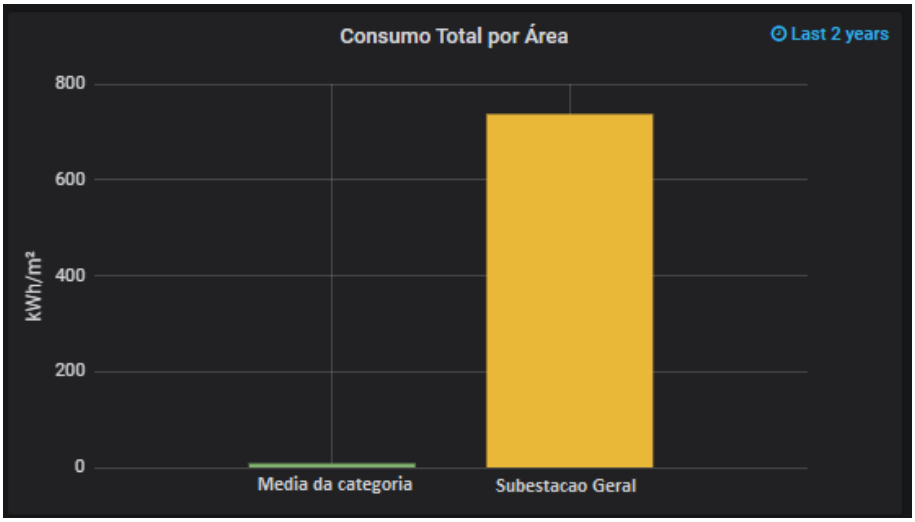
Figura 13 – Alteração de parâmetros na interface



Fonte: Produção da própria autora.

O gráfico de “Consumo Total por Setor” apresenta qual o consumo total com a porcentagem respectiva, de acordo com a categorização aplicada. Nele, os valores totais não são reais. A Figura 14 mostra em detalhes o gráfico de consumo total por área. Esse gráfico utiliza implicitamente o valor de EEI, utilizando como fator relacionado ao consumo a área. Esse indicador poderia ser alterado para número de alunos, horas de aulas, dentre outros para gerar diferentes gráficos comparativos. Nele é possível que um leigo verifique como está o seu consumo em relação à média da sua categoria. Estando acima desse valor de referência, pode-se contatar um técnico para um diagnóstico mais aprofundado.

Figura 14 – Comparação do consumo de acordo com um índice



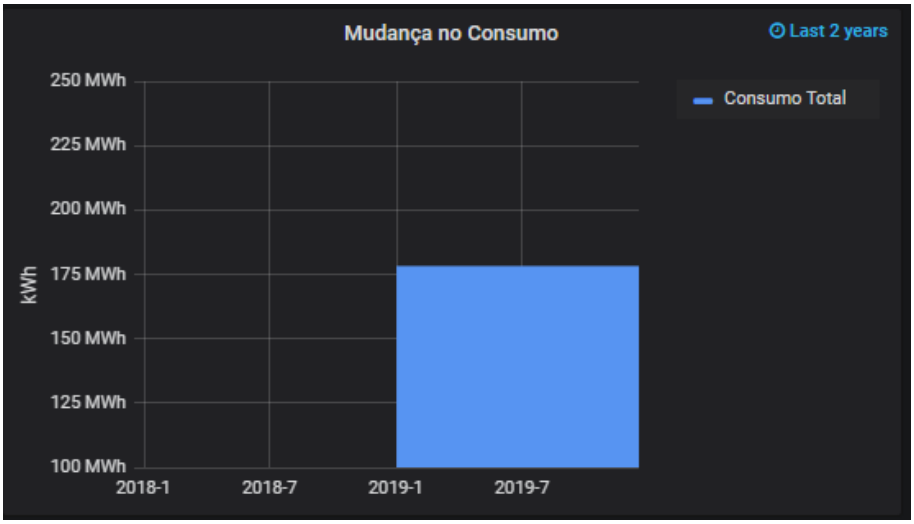
Fonte: Produção da própria autora.

Com a verificação de um consumo acima da média, é possível buscar pelas causas através também da análise de outros gráficos. Por exemplo, com o gráfico "Consumo no Período" apresentado na Figura 15, é possível identificar picos no consumo ao longo do dia, e consequentemente buscar as causas. Já um gráfico como da Figura 16, que apresenta a variação de consumo, por exemplo, de um mês para outro, é interessante para verificar se as medidas adotadas promoveram uma diminuição no consumo.

Figura 15 – Consumo ao longo do tempo

Fonte: Produção da própria autora.

Figura 16 – Alteração do consumo entre períodos



Fonte: Produção da própria autora.

É importante ressaltar, que mesmo um não técnico necessita de um treinamento, pois existem fatores externos que podem configurar um período atípico no consumo. No verão, por exemplo, é esperado que o consumo aumente devido ao uso de ar condicionado, um prédio com aulas noturnas terá consequentemente um maior consumo nesse período.

Os códigos relacionados à criação da interface e para criação do banco, encontram-se nos APÊNDICES A a D.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho desenvolveu uma interface para visualização de dados de consumo de energia elétrica com foco em gestão para leigos, integrada ao banco de dados já existente e ao banco de dados com as características dos edifícios, que foi desenvolvido. A inclusão de indicadores para uma análise comparativa permite a percepção de problemas relacionados ao consumo de energia elétrica por um não técnico, e posteriormente pode-se realizar um estudo mais aprofundado da causa, com a solicitação de um técnico.

O NTI conta com um servidor próprio dedicado a esse sistema, desde a aquisição, ao tratamento e à exibição por meio da interface desenvolvida com o Grafana.

Como nem todas as informações relevantes sobre as edificações foram possíveis de serem obtidas, o trabalho utilizou como indicador a característica de área construída, ficando como uma sugestão para futuros trabalhos, a inclusão de dados como horas de uso e número de pessoas para serem integrados ao banco de dados que caracterizam esses edifícios. Além disso, conforme for ocorrendo a instalação dos medidores, os mesmos podem ser integrados a esse sistema. Para um projeto mais completo, poderia ser realizado um *benchmarking* em diversas instituições de ensino públicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Brasília, DF: ANEEL, 2010. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf. Acesso em: 28 jul. 2019.

AHMAD, A. S; HASSAN, M. Y.; ABDULLAH, H.; RAHMAN, H. A.; MAJID M. S.; BANDI, M. Energy efficiency measurements in a Malaysian public university. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER AND ENERGY (PECON), 2012, Malásia. **Proceedings** [...]. Malásia: IEEE, 2012. p. 582-587.

ANDRADE, M. O que é Zabbix? Conheça a ferramenta para monitoramento de rede!.**Marco Andrade: Profissional TI**. 2017. Disponível em: https://www.marcoandrade.com.br/o-que-e-zabbix-conheca-a-ferramenta-para-monitoramento-de-rede/. Acesso em: 22 nov. 2019.

AZEVEDO, A. Conta de luz pode ter aumento de 2,42% em 2020. **Correio Braziliense**, Brasília, DF, nov. 2019. Seção Economia. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/11/04/internas_economia,803659/conta-de-luz-pode-ter-aumento-de-2-42-em-2020.shtml. Acesso em: 18 dez. 2019.

BAKAR, N. N. A.; HASSAN, M. Y.; ABDULLAH, H.; RAHMAN, H. A.; ABDULLAH M. P.; HUSSIN, F.; BANDI M. Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, n. C, p. 1-11, abr. 2015.

BETKE, E.; KUNKEL, J. Real-time I/O-monitoring of HPC applications with SIOX, elasticsearch, Grafana and FUSE. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH PERFORMANCE COMPUTING, 2017, Alemanha. **Proceedings** [...]. Alemanha: ISC High Perfomance, 2017. p. 174-186.

BRATH, R.; PETERS, M. Dashboard design: Why design is important. **DM Review**, v. 85, p. 14-18, out. 2004.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ELECTRICAL AND MECHANICAL SERVICE DEPARTMENT. **Consultancy study on the development of energy consumption indicators and benchmarks for selected energy-consuming groups in Hong Kong (Agreement No. CE14/2000).** Hong Kong: EMSD, 2000 *apud* CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CHUNG, W.; HUI, Y. V.; LAM, Y. M. Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings. **Applied Energy**, v. 83, n. 1, p. 1-14, jan. 2006.

DATE, C. J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2004. 896 p.

GUILLIOD, S. M.; CORDEIRO, M. L. R. **Manual do pré-diagnóstico energético:** Autodiagnóstico na Área de Prédios Públicos. Rio Janeiro: ELETROBRAS, 2010, 53 p.

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. v. 1. Toronto: Efficiency Valuation Organization, 2012. 144 p.

EMBRASUL. **Sistema de gestão de energia Power4000**. 2015. Disponível em: http://www.embrasul.com.br/painel/pdf/Cat%C3%A1logo_POWER4000_v05r00_pt_LR.pdf. Acesso em: 22 ago. 2019.

FREEBOARD. **Visualize the Internet of Things:** Ridiculously simple dashboard for your devices. 2019. Disponível em: https://freeboard.io/. Acesso em: 27 jun. 2019.

GABROVEC, D. **Say Hello to a More Personalized Databox:** New customizable Home screen and improved design for quicker access to what's important and a new wizard for building new dashboards faster. 2019. Disponível em: https://databox.com/setup-and-use-databox. Acesso em: 27 jun. 2019.

GRAFANA. **The open platform for beautiful analytics and monitoring**. 2019. Disponível em: https://grafana.com/. Acesso em: 27 jun. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Introdução ao uso de medição e verificação de economias de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: INEE, 1997. Disponível em: http://www.inee.org.br/down_loads/escos/Intro_mv.pdf. Acesso em: 27 jul. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Medição e Verificação**. Rio de Janeiro: INEE, 2019. Disponível em: http://www.inee.org.br/escos_mev.asp?Cat=mev. Acesso em: 27 jul. 2019.

JOHNSON, R.; FOOTE, B. Designing reusable classes. **Journal of Object-Oriented Programming**, Illinois, v. 1, n. 2, p. 22-35, jun./jul. 1988.

KEITHLEY, J. F. **Data acquisition and control handbook**: A Guide to Hardware and Software for Computer-Based Measurement and Control. 1. ed. Ohio: Keithley Instruments, 2001.

KONTAKI, M.; PAPADOPOULOS, A. N.; MANOLOPOULOS, Y. Adaptive similarity search in streaming time series with sliding windows. **Data & Knowledge Engineering**, Grécia, v. 63, n. 2, p. 478-502, mar. 2007.

LAPA, C.; SEIDEL, M. A.; SANTO K. G. D. Importância da medição de energia para a eficiência energética. **Lumière Electric**, São Paulo, n. 149, p. 64-72, 2010.

LICHTIGSTEIN, A. **Prometheus vs. Grafana vs. Graphite – a feature comparison**. 2017. Disponível em: https://www.loomsystems.com/blog/single-post/2017/06/07/prometheus-vs-grafana-vs-graphite-a-feature-comparison. Acesso em: 22 nov. 2019.

LUCINDA, M. A. **Qualidade**: Fundamentos e Práticas para cursos de graduação. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010. 180 p.

MCLACHLAN, P; MUNZNER, T.; KOUTSOFIOS, E.; NORTH, S. LiveRAC: interactive visual exploration of system management time-series data. *In*: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 8., 2008, Itália. **Proceedings** [...]. Itália: CHI, 2008. p. 1483-1492.

MEDRADO, V. **Gestão de energia e eficiência energética na sua empresa**. 2017. Disponível em: http://blog.alsolenergia.com.br/2017/12/gestao-de-energia-e-eficiencia-energetica/. Acesso em: 14 dez. 2019.

MEIER, A.; OLOFSSON, T.; LAMBERTS, R. What is an energy-efficient building?. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002. p. 3-12 *apud* CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

NAMIOT, D. Time Series Databases. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA ANALYTICS AND MANAGEMENT IN DATA INTENSIVE DOMAINS, 17., 2015, Russia. **Proceedings** [...]. Russia: DAMDID, 2015. p. 132-137.

OETTING J. **Data Visualization 101**: How to Choose the Right Chart or Graph for Your Data. 2018. Disponível em: https://blog.hubspot.com/marketing/types-of-graphs-for-data-visualization. Acesso em: 20 ago. 2019.

PARK, J.; MACKAY, S. **Practical data acquisition for instrumentation and control systems**. 1. ed. Austrália: Newnes, 2003. 432 p.

PORTNOI, M.; MORAES, P. S.; SWANY, M. Time-Series Analysis for Performance Monitoring and Anomaly Detection in Computer Networks. *In*: IEEE/ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRID COMPUTING, 11., 2010, Bélgica. **Proceedings** [...]. Bélgica: IEEE, 2010. p. 129-136.

PROMETHEUS. **Console Templates**. 2019. Disponível em: https://prometheus.io/docs/visualization/consoles/. Acesso em: 22 nov. 2019.

SAIDEL, M. A. **A gestão de energia elétrica na USP**: o programa permanente para uso eficiente de energia elétrica. 2005. 188 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SIGNOR, R.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Regression analysis of electric energy consumption and architectural variables of conditioned commercial buildings in 14 Brazilian cities. *In*: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 7., 2001, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: IBPSA, 2001. p. 1373-1379.

SILBERSCHATZ, A.; SUNDARSHAN, S.; KORTH, H. F. **Sistema de banco de dados**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2016. 904 p.

SILVA, R. **A importância de um framework**. 2004. Disponível em: https://rafaelsilva.net/framework/importancia-de-um-framework. Acesso em: 22 nov. 2019.

SILVAN**. TOP Open-Source Dashboard Solutions 2017**. 2017. Disponível em: https://medium.com/@slryit/top-open-source-dashboard-solutions-2017-afa1158106ba. Acesso em: 26 jun. 2019.

APÊNDICE A – GERAÇÃO DOS GRÁFICOS COM O GRAFANA

```
-- Consumo no periodo
SELECT
  "time" AS "time",
  "consumot" AS "Consumo Total"
FROM medidor$centroid
ORDER BY 1

-- Mudanca no consumo
SELECT
  CASE ('${intervalo}')
    WHEN '1d' THEN date_trunc('day',time)
    WHEN '1w' THEN date_trunc('week', time)
    WHEN '1M' THEN date_trunc('month', time)
    ELSE date_trunc('year',time)
  END
  AS "time",
  sum("urmsa") AS "Consumo Total"
FROM medidor$centroid
GROUP BY 1
ORDER BY 1

-- Consumo total por area
SELECT
  CASE ('${intervalo}')
    WHEN '1d' THEN date_trunc('day',time)
    WHEN '1w' THEN date_trunc('week', time)
    WHEN '1M' THEN date_trunc('month', time)
    ELSE date_trunc('year',time)
  END
  AS "time",
  sum("urmsa")/$area AS "$centro"
FROM medidor$centroid
GROUP BY 1
ORDER BY 1

SELECT
  CASE ('${intervalo}')
    WHEN '1d' THEN date_trunc('day',time)
    WHEN '1w' THEN date_trunc('week', time)
    WHEN '1M' THEN date_trunc('month', time)
    ELSE date_trunc('year',time)
  END
  AS "time",
  (SELECT avg($sumPorTipo) AS "$tipo" FROM $medidoresPorTipo)
FROM medidor$centroid
GROUP BY 1
```

```
ORDER BY 1;

-- consumo total por setor
-- setor 1 - administrativo
SELECT
  CASE ('${intervalo}')
    WHEN '1d' THEN date_trunc('day',time)
    WHEN '1w' THEN date_trunc('week', time)
    WHEN '1M' THEN date_trunc('month', time)
    ELSE date_trunc('year',time)
  END
  AS "time",
  (SELECT sum($sumTipo1nn) AS "administrativo" FROM $medidoresTipo1)
FROM medidor$centroid
GROUP BY 1
ORDER BY 1;

-- setor 2 - outros
SELECT
  CASE ('${intervalo}')
    WHEN '1d' THEN date_trunc('day',time)
    WHEN '1w' THEN date_trunc('week', time)
    WHEN '1M' THEN date_trunc('month', time)
    ELSE date_trunc('year',time)
  END
  AS "time",
  (SELECT sum($sumTipo2nn) AS "outros" FROM $medidoresTipo2)
FROM medidor$centroid
GROUP BY 1
ORDER BY 1;

-- setor 3 - sala de aula
SELECT
  CASE ('${intervalo}')
    WHEN '1d' THEN date_trunc('day',time)
    WHEN '1w' THEN date_trunc('week', time)
    WHEN '1M' THEN date_trunc('month', time)
    ELSE date_trunc('year',time)
  END
  AS "time",
  (SELECT sum($sumTipo3nn) AS "sala de aula" FROM $medidoresTipo3)
FROM medidor$centroid
GROUP BY 1
ORDER BY 1;
```

APÊNDICE B – APLICAÇÃO DE FILTROS COM O GRAFANA

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION get_tipo(idx_tipo INTEGER)
RETURNS TEXT AS $$
DECLARE
  tipos TEXT[];
  counter INTEGER;
BEGIN
  tipos:= get_tipos();
  counter:=0;
  return tipos[idx_tipo];
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_numero_medidores(idx_tipo INTEGER)
RETURNS INTEGER AS $$
BEGIN
  return array_length(array(select CONCAT('medidor', id) from setorcampus where
tipo=get_tipo(idx_tipo) order by 1 limit 5),1);
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_medidores(idx_tipo INTEGER)
RETURNS TEXT AS $$

BEGIN
  return array_to_string(ARRAY(select CONCAT('medidor', id) from setorcampus where
tipo=get_tipo(idx_tipo) order by 1 limit 5), ', ', '*');
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_sum_colunas(idx_tipo INTEGER, coluna TEXT)
RETURNS TEXT AS $$
```

```
BEGIN
  return array_to_string(ARRAY(select CONCAT('medidor', id, '.', coluna) from setorcampus
where tipo=get_tipo(idx_tipo) order by 1 limit 5), ' + ');
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_medias_tipos(idx_tipo INTEGER, coluna TEXT)
RETURNS TABLE(
  medias FLOAT) AS $$

BEGIN
  RETURN QUERY EXECUTE 'select ('||get_sum_colunas(idx_tipo, coluna)||')/'||get_numero_medidores(idx_tipo) ||' as media from '||get_medidores(idx_tipo)||' order by 1 limit 100';
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

SELECT get_medias_tipos(1, 'urmsa');
CREATE OR REPLACE FUNCTION get_tipos ()
   RETURNS text[] AS $$

BEGIN
  RETURN ARRAY(SELECT DISTINCT tipo
    FROM setorcampus
    GROUP BY 1
    ORDER BY 1);
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_tipo(idx_tipo INTEGER)
RETURNS TEXT AS $$
DECLARE
  tipos TEXT[];
```

```
  counter INTEGER;
BEGIN
  tipos:= get_tipos();
  counter:=0;
  return tipos[idx_tipo];
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_medidores(idx_tipo INTEGER)
RETURNS TEXT AS $$

BEGIN
  return array_to_string(ARRAY(select CONCAT('medidor', id) from setorcampus where
tipo=get_tipo(idx_tipo) order by nome LIMIT 5), ', ', '*');
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

SELECT get_medidores(1);

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_tipos ()
   RETURNS text[] AS $$

BEGIN
  RETURN ARRAY(SELECT DISTINCT tipo
    FROM setorcampus
    GROUP BY 1
    ORDER BY 1);
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_tipo(idx_tipo INTEGER)
RETURNS TEXT AS $$
DECLARE
```

```
  tipos TEXT[];
  counter INTEGER;
BEGIN
  tipos:= get_tipos();
  counter:=0;
  return tipos[idx_tipo];
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_sum_colunas(idx_tipo INTEGER, coluna TEXT)
RETURNS TEXT AS $$
BEGIN
  return array_to_string(ARRAY(select CONCAT('medidor', id, '.', coluna, '/',area) from
setorcampus where tipo=get_tipo(idx_tipo) order by 1), ' + ');
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';

SELECT get_sum_colunas(1, 'urmsa');

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_tipos ()
   RETURNS text[] AS $$

BEGIN
  RETURN ARRAY(SELECT DISTINCT tipo
    FROM setorcampus
    GROUP BY 1
    ORDER BY 1);
END;
$$ LANGUAGE 'plpgsql';
CREATE OR REPLACE FUNCTION get_tipo(idx_tipo INTEGER)  RETURNS TEXT AS $$
DECLARE  tipos TEXT[];  counter INTEGER; BEGIN  tipos:= get_tipos();  counter:=0;
return tipos[idx_tipo]; END; $$ LANGUAGE 'plpgsql';  CREATE OR REPLACE FUNCTION
get_sum_colunas(idx_tipo INTEGER, coluna TEXT) RETURNS TEXT AS $$ BEGIN  return
```

array_to_string(ARRAY(select CONCAT('medidor', id, '.', coluna) from setorcampus where tipo=get_tipo(idx_tipo) order by nome limit 5), ' + '); END; $$ LANGUAGE 'plpgsql'; SELECT get_sum_colunas(1, 'urmsa');

APÊNDICE C – GERAÇÃO DA MEMÓRIA DE MASSA

```
#include <stdio.h>
#include "connect_data.h"
#include <string.h>


#define CONNINFO    "user=postgres password=DevMedidor123 dbname=monitor_data
host=localhost"

int main(int argc, char* argv[]){

        if(argc < 2){
                printf("Medidor deve ser inserido como argumento.\n");
                return 1;
        }



        //printf("oi %s\n\n", argv[1]);

        char table_name[32];

        strcpy(table_name, argv[1]);
        // Conecta ao banco existente
   PGconn *conn = PQconnectdb(CONNINFO);
   if (PQstatus(conn) == CONNECTION_BAD) {

      fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s\n",
         PQerrorMessage(conn));

      PQfinish(conn);
      exit(1);
   }
```

```
    printf("Connected Successfully to database %s.\n", PQdb(conn));

    do_export_csv(conn, table_name, table_name);
        PQfinish(conn);
        return 0;

}
```

APÊNDICE D – CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DE TABELAS COM DADOS DA UFES

```
#include "ufes.h"
#include <stdio.h>

const char* tipos[] = {
	"sala de aula",
	"administrativo",
	"outros"
	};
CampusInfo campustable[] = {
	[0] = {"Substacao Geral", "1", 241.80, "outros"},
	[1] = {"Casa de Maq. e Posto Medico", "2", 156.01, "outros"},
	[2] = {"Arquibancada e Vestiarios da Piscina", "3", 362.75, "outros"},
	[3] = {"Parque Aquatico", "4", 5700.00, "outros"},
	[4] = {"Quadra de F. Salao/Handebol A", "5A", 989.00, "outros"},
	[5] = {"Quadra de F. Salao/Handebol B", "5B", 989.00, "outros"},
	[6] = {"Campo de Futebol", "6A", 6400.00, "outros"},
	[7] = {"Pista de Atletismo", "6B", 3735.00, "outros"},
	[8] = {"Salto em Distancia", "6C", 105.00, "outros"},
	[9] = {"Salto com Vara", "6D",135.00, "outros"},
	[10] = {"Quadra de Volei/Basquete (Coberta) A", "7A", 748.80, "outros"},
	[11] = {"Quadra de Volei/Basquete (Coberta) B", "7B", 748.80, "outros"},
	[12] = {"Ginasio de Esportes", "8", 2289, "outros"},
	[13] = {"Catetinho", "9", 494.56, "outros"},
	[14] = {"Centro de Educacao Fisica e Desportos", "10", 6504, "outros"},
	[15] = {"Cantina do CEFD", "11", 142.4, "outros"},
	[16] = {"Fisiologia do Exercicio", "12", 854.6, "outros"},
	[17] = {"Sala de Aula CEFD", "13", 1440.06, "sala de aula"},
	[18] = {"Sede do Sintufes", "14", 285.74, "outros"},
	[19] = {"Palco Sintufes", "15", 39.24, "outros"},
	[20] = {"Atelier do Centro de Artes", "16", 810, "outros"},
```

[21] = {"Predio Administrativo Centro de Artes", "17", 1361.97, "administrativo"},

[22] = {"Predio Audio Visual", "18", 1035.36, "outros"},

[23] = {"Auditorio Centro de Artes", "19", 1316.12, "outros"},

[24] = {"Centro de Artes - CEMUNI I", "20", 1764, "sala de aula"},

[25] = {"Centro de Artes - CEMUNI II", "21", 1764, "sala de aula"},

[26] = {"Centro de Artes - CEMUNI III", "22", 1764, "sala de aula"},

[27] = {"Centro de Artes - CEMUNI IV", "23", 1764, "sala de aula"},

[28] = {"Centro de Artes - CEMUNI V", "24", 1764, "sala de aula"},

[29] = {"Centro de Artes - CEMUNI VI - Psicologia", "25", 1764, "sala de aula"},

[30] = {"Cantina Centro de Artes", "26", 0.1, "outros"},

[31] = {"Biblioteca Setorial Centro de Artes", "27", 475.49, "outros"},

[32] = {"Caixa econômica Federal", "28", 699.15, "outros"},

[33] = {"Escola de Primeiro Grau", "29", 1339.15, "outros"},

[34] = {"Restaurante da Creche", "30", 250, "outros"},

[35] = {"Pre escola Criarte", "31", 769.15, "outros"},

[36] = {"Quadra de Esportes da Creche", "32", 587, "outros"},

[37] = {"Nucleo de Treinamento dos Servidores", "33", 495.92, "outros"},

[38] = {"Projeto Camarao", "34", 133.04, "outros"},

[39] = {"Laboratorio de Pesquisas Aquaticas", "35", 273.04, "outros"},

[40] = {"Reservatorio Inferior A", "36A", 208.5, "outros"},

[41] = {"Reservatorio Inferior B", "36B", 208.5, "outros"},

[42] = {"Banco do Brasil", "37", 5456, "outros"},

[43] = {"Restaurante Universitario", "38", 4769.88, "outros"},

[44] = {"Pos Graduacao em Psicologia", "39", 612, "sala de aula"},

[45] = {"Centro de Vivencia", "40", 1960, "outros"},

[46] = {"Teatro Universitario", "41", 4590, "outros"},

[47] = {"Pro Reitora de Graduacao/Espaco Universitario/CASUFES", "42", 1975.62, "outros"},

[48] = {"Administracao Central", "43", 3426.66, "administrativo"},

[48] = {"Biblioteca Central", "44", 5578.5, "outros"},

[49] = {"Arquivo Geral- SERPROG", "45", 1958.42, "outros"},

[50] = {"Ed V - Sala de Aula", "46", 1242.8, "sala de aula"},

[51] = {"Laboratorio de Ecologia", "47", 539, "outros"},

[52] = {"Reservatorio Superior 2 A", "48A", 120.15, "outros"},

[53] = {"Reservatorio Superior 2 B", "48B", 120.15, "outros"},

[54] = {"CCE - Planetario", "49", 248.35, "outros"},

[55] = {"CCE - Laboratorio Astronomico", "50", 191.68, "outros"},

[55] = {"CCE - Auditorio", "51", 454.36, "outros"},

[56] = {"CCJE - Ed - III", "52", 999.85, "sala de aula"},

[57] = {"CCJE - Ed - IV", "53", 999.85, "sala de aula"},

[58] = {"CCJE - Sala de Aula", "54", 907.92, "sala de aula"},

[59] = {"CCJE - Laboratorio Comunicacao", "55", 482.64, "outros"},

[60] = {"CCJE - Sanitario Feminino", "56", 57.69, "outros"},

[61] = {"CCJE - Ed Administrativo II", "57", 193.84, "administrativo"},

[62] = {"CCJE - Ed departamento Economia", "58", 800, "outros"},

[63] = {"CCJE - Ed Sala dos Professores", "59", 892.84, "outros"},

[64] = {"CCJE - Cantina", "60", 193, "outros"},

[65] = {"CCJE - Ed Administrativo I", "61", 193.84, "administrativo"},

[66] = {"CCJE - Sanitário Masculino", "62", 57.89, "outros"},

[67] = {"CCJE - Ed Departamental", "63", 299.73, "outros"},

[68] = {"CCJE - Escritorio Modelo", "64", 455.63, "outros"},

[69] = {"CCJE - Bloco 2", "65", 295.54, "sala de aula"},

[70] = {"CCJE - Ed-I", "66", 999.65, "sala de aula"},

[71] = {"CCJE - Ed-II", "67", 999.65, "sala de aula"},

[72] = {"CCJE - Bloco 1", "68", 295.54, "sala de aula"},

[73] = {"CCJE - Pos Graduacao", "69", 1978.64, "sala de aula"},

[74] = {"Substacao CCJE", "70", 64.93, "outros"},

[75] = {"CCE - Oficina Fisica", "71", 393.45, "outros"},

[76] = {"CCE - Laboratorio Fis/Quimica", "72", 1522.75, "outros"},

[77] = {"CCE - Pos-Graduacao de Fisica", "73", 1080, "outros"},

[78] = {"CCE - IC - I", "74", 2574.36, "sala de aula"},

[79] = {"CCE - Ed Sala dos Professores", "75", 1476.42, "outros"},

[80] = {"CCHN - IC - II", "76", 2574.36, "sala de aula"},

[81] = {"CCHN - Ed departamental I", "77", 337.61, "outros"},

[82] = {"CCE - Administracao", "78", 1349, "administrativo"},

[83] = {"CCHN - Ed Administrativo", "79", 568.56, "administrativo"},

[84] = {"Fundacao Ceceliano Abel de Almeida - FCAA", "80", 649.6, "outros"},

[85] = {"Churrasqueira FCAA", "81", 0.1, "outros"},

[86] = {"FCAA - substacao/vestuario", "82", 54.2, "outros"},

[87] = {"Associacao dos Doscentes da UFES - ADUFES", "83", 600, "outros"},

[88] = {"Pos graduacao CCHN Modulos", "84", 26.52, "outros"},

[89] = {"CCHN - Ed Sala dos Professores", "85", 321.33, "outros"},

[90] = {"CCHN - Departamento de Letras", "86", 800, "outros"},

[91] = {"CCHN - IC III", "87", 2574.36, "sala de aula"},

[92] = {"CCHN - Biologia Animal", "88", 1252.32, "outros"},

[93] = {"CCHN - Ed Botanica", "89", 789, "outros"},

[94] = {"CE - Sala de Aula", "90", 573, "sala de aula"},

[95] = {"CCHN - Ed Departamental", "91", 337.61, "outros"},

[96] = {"CE - IC IV", "92", 2574.36, "sala de aula"},

[97] = {"CCE/CCNH - Ed Didatico", "93", 4171.97, "outros"},

[98] = {"CCHN - Substacao", "94", 18, "outros"},

[99] = {"CE - Ed Administrativo", "95", 181.19, "administrativo"},

[100] = {"CE - Pos Graduacao em Educacao", "96", 812, "outros"},

[101] = {"Laboratorio Fisica Quimica", "97", 2058.3, "outros"},

[102] = {"CCHN Viveiro", "98", 46.4, "outros"},

[103] = {"Nucleo de Oleo Pesado", "99", 0.1, "outros"},

[104] = {"CE - Laboratorio de Aprendizagem", "100", 400, "outros"},

[105] = {"CT - Sala de Aula", "101", 0.1, "sala de aula"},

[106] = {"NPD - Refrigeracao", "102", 50.31, "outros"},

[107] = {"Nucleo de Processamento de dados", "103", 1125.07, "outros"},

[108] = {"Centro de Liguas", "104", 1516.4, "sala de aula"},

[109] = {"CT - Administracao - CT IV", "105", 1024.54, "outros"},

[110] = {"CT - Lab Dinamica de Sistemas Mec. Estruturas", "106", 177.99, "outros"},

[111] = {"CT III", "107", 2413.94, "sala de aula"},

[112] = {"CT X - Engenharia de Producao", "108", 1196.34, "sala de aula"},

[113] = {"CT IX - Engenharia da Computacao", "109", 930.93, "sala de aula"},

[114] = {"CT - Laboratorio de Informatica Petrobras", "110", 800, "outros"},

[115] = {"Casa de Vegetacao", "111", 0.1, "outros"},

[116] = {"CT - Ed Aulas/Laboratorios - CT I", "112", 2244.46, "sala de aula"},

[117] = {"Laboratorio de Campo", "113", 141, "outros"},

[118] = {"CT Eletrica", "114", 540.1, "sala de aula"},

[119] = {"Substacao e Gerador", "115", 33.09, "outros"},

[120] = {"CT - Salas de Aula/Laboratorios - CT II", "116", 2244.46, "sala de aula"},

[121] = {"CT - Pos-Graduacao em Informatica - CT VI", "117", 1654.98, "outros"},

[122] = {"CT - Cantina", "118", 375, "outros"},

[123] = {"CT - Substacao", "119", 0.1, "outros"},

[124] = {"CT - ITUFES - CT V", "120", 3874.82, "outros"},

[125] = {"Sede do Nexem", "121", 258.4, "outros"},

[126] = {"CT - Oficina Tecnologica", "122", 277.34, "outros"},

[127] = {"LABEVES - Laboratorio de Bebidas de Origem Vegetal", "123", 106.28, "outros"},

[128] = {"CT - Sucateria", "124", 48.6, "outros"},

[129] = {"CT - Carpintaria", "125", 80, "outros"},

[130] = {"CT - Laboratorio de Orcamento I", "126", 52.72, "outros"},

[131] = {"CT - Laboratorio de Orcamento II", "127", 45.99, "outros"},

[132] = {"CT - Adm. ITUFES", "128", 45.99, "outros"},

[133] = {"Mestrado Engenharia", "129", 117.56, "outros"},

[134] = {"Laboratorio de Geracao de Potencia", "130", 84.92, "outros"},

[135] = {"CT - Engenhario Ambiental", "131", 696.02, "sala de aula"},

[136] = {"Auditorio ETE - CESAN/UFES", "132", 212, "outros"},

[137] = {"Sala de Professor ETE - CESAN/UFES", "133", 212, "outros"},

[138] = {"Sala de Estudo ETE - CESAN/UFES", "134", 212, "outros"},

[139] = {"Lab. de Precipitacao Eletrostatica", "135", 135.22, "outros"},

[140] = {"Grafica Universitaria", "136", 464.91, "outros"},

[141] = {"PU - Abrigo para Veiculos", "137", 219.71, "outros"},

[142] = {"DA - Galpao", "138", 582.93, "outros"},

[143] = {"PU - Rampa de Lavagem/Lubrificacao", "139", 65.52, "outros"},

[144] = {"PU - Guarita", "140", 5.8, "outros"},

[145] = {"Prefeitura Universitaria", "141", 897.7, "outros"},

[146] = {"Departamento Administracao/Mat. Patrimonio", "142", 896.54, "administrativo"},

[147] = {"Escritorio-Vestiarios-Vigilancia", "143", 30.74, "outros"},

```
        [148] = {"Restaurante A. Lazer", "144", 128.04, "outros"},
        [149] = {"PU - Oficina/Garagem", "145", 512.61, "outros"},
        [150] = {"PU - Vestiarios/Manutencao", "146", 389.78, "outros"},
        [151] = {"Area de Lazer Servidores - Bocha", "147", 92, "outros"},
        [152] = {"PU - Carpintaria", "148", 78, "outros"},
        [153] = {"Area de Lazer Servidores - Churrasqueira A", "149A", 25.97, "outros"},
        [154] = {"Area de Lazer Servidores - Churrasqueira B", "149B", 22.4, "outros"},
        [155] = {"Area de Lazer Servidores - Churrasqueira C", "149C", 22.4, "outros"},
        [156] = {"Area de Lazer Servidores - Churrasqueira D", "149D", 22.4, "outros"},
        [157] = {"Area de Lazer Servidores - Churrasqueira E", "149E", 22.4, "outros"},
        [158] = {"Area de Lazer Servidores - Churrasqueira F", "149F", 22.4, "outros"},
        [159] = {"Area de Lazer Servidores - Churrasqueira G", "149G", 22.4, "outros"},
        [160] = {"Chopana", "150", 25.97, "outros"},
        [161] = {"Area de Lazer dos Servidores - Campo de Futebol", "151", 1740, "outros"},
        [162] = {"Area de Lazer dos Servidores - Vestiarios/Sauna", "152", 87.18, "outros"},
        [163] = {"Area de Lazer dos Servidores - Pscina", "153", 274.12, "outros"},
        [164] = {"Sede Area de Lazer", "154", 61.20, "outros"},
        [165] = {"Quadra - Area de Lazer Servidores", "155", 720, "outros"},
        [166] = {"CT - Auditorio Mecanica", "156", 0.1, "outros"},
        [167] = {"CCE - Pos - Matematica", "157", 1209, "sala de aula"}
};

const int tab_size = sizeof(campustable)/sizeof(CampusInfo);
const int tipos_size = sizeof(tipos)/sizeof(const char*);

const int getufestabsize(){
        return tab_size;
}

char *getcampusname(int index){
        return campustable[index].name;
}
```

```
char *getcampusid(int index){
        return campustable[index].id;
}

float getcampusarea(int index){
        return campustable[index].area;
}

char *getcampustipo(int index){
        return campustable[index].tipo;
}

const int gettipossize(){
        return tipos_size;
}

char * gettiponame(int index){
        return tipos[index];
}

#include "connect_data.h"
#include "ufes.h"

#define CONNINFO  "user=postgres     password=DevMedidor123     dbname=monitor_data
host=localhost"
#define TABLENAME                          "setorcampus"

void create_ufes_db(){
        // o banco deve existir antes
        PGconn *conn = PQconnectdb(CONNINFO);
   if (PQstatus(conn) == CONNECTION_BAD) {

      fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s\n",
```

```
            PQerrorMessage(conn));

        PQfinish(conn);
        exit(1);
    }
    printf("Connected Successfully to database %s.\n", PQdb(conn));

    // cria a tabela de edificios do campus

    do_create(conn, TABLENAME, "nome TEXT, id TEXT, area FLOAT, tipo TEXT" );

    //fazer loop de criação dos dados e insercao
    char  value[256] = "";

    for(int i=0; i<getufestabsize();i++){
            sprintf(value, "\'%s\', \'%s\', %f, \'%s\'", getcampusname(i), getcampusid(i),
getcampusarea(i), getcampustipo(i));
            do_insert(conn, TABLENAME, value);
            printf("%s\n", value);
    }

}

void create_setores_db(){
            // o banco deve existir antes
            PGconn *conn = PQconnectdb(CONNINFO);
    if (PQstatus(conn) == CONNECTION_BAD) {

        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s\n",
            PQerrorMessage(conn));

        PQfinish(conn);
        exit(1);
```

```
    }
    printf("Connected Successfully to database %s.\n", PQdb(conn));
    //do_create(conn, "setores","data DATE, setor TEXT, consumot FLOAT");



}

void create_setores_table(){
            // o banco deve existir antes
            PGconn *conn = PQconnectdb(CONNINFO);
    if (PQstatus(conn) == CONNECTION_BAD) {

        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s\n",
            PQerrorMessage(conn));

        PQfinish(conn);
        exit(1);
    }

    do_create(conn,"setor" ,"time TIMESTAMPTZ, setor TEXT, consumot FLOAT");
}
```