



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

IGOR PINHEIRO PRATA

**APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA DO CAMPUS DO PICI DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ**

FORTALEZA

2021

IGOR PINHEIRO PRATA

APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA DO CAMPUS DO PICI DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio

Coorientadora: Profa. Ph.D. Ruth Pastôra Saraiva Leão.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P924a Prata, Igor Pinheiro.

Aplicação do sistema de informação geográfica na rede de distribuição primária do campus do Pici da Universidade Federal do Ceará / Igor Pinheiro Prata. – 2019.
44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio.

Coorientação: Profa. Dra. Ruth Pastôra Saraiva Leão.

1. Georreferenciamento. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Rede de distribuição de energia. I. Título.
CDD 621.3

IGOR PINHEIRO PRATA

APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA DO CAMPUS DO PICI DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial
à obtenção do título de bacharel em
Engenharia Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Ph.D. Ruth Pastôra Saraiva Leão
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Alex Sander de Moraes Cardial
ENEL Distribuição Ceará.

A Deus.

Aos meus pais, Antônio Luís e Valdelice.

Ao meu irmão Iuri.

A minha namorada Miriam.

Ao meu amigo Ariel.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente aos meus pais e meu irmão pelo carinho e apoio por todos esses anos, a minha namorada Miriam e meu amigo Ariel que me incentivaram e me ajudaram tanto neste trabalho quanto na vida.

Aos meus amigos e colegas que fiz durante meu período na universidade, sejam os da Engenharia Elétrica que juntos se apoiamos e encaramos as dificuldades de frente, sejam aqueles de outros cursos que me permitiram trocar maravilhosas experiências.

Gostaria de agradecer à professora Ruth e ao Grupo de Redes Elétricas Inteligentes do DEE que me auxiliaram a realizar este trabalho e aos professores com quem tive o prazer de ser aluno e permitiram meu desenvolvimento profissional, especialmente o Prof. Dr. Raimundo Furtado que me ensinou, acompanhou e incentivou ao longo do curso, alguém que eu tenho respeito e admiração imensos.

Agradeço também ao Eng. Fabrício Leite e ao setor de infraestrutura da UFC à sua disponibilidade e cooperação que tornaram possível o desenvolvimento deste trabalho, apesar dos tempos difíceis que nos encontramos.

Gostaria de agradecer também aos membros da banca examinadora, por participarem desta etapa da minha vida, que agora entra em uma nova fase cheia de desafios e dificuldades, mas também com fé e esperança.

“A imaginação é mais importante que o conhecimento.”

Albert Einstein

RESUMO

A rede de distribuição de energia elétrica do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará passou por mudanças nos últimos anos, entre elas a instalação de uma subestação de 69-13,8 kV e a transformação da rede primária da topologia radial para radial com recurso. Essas implementações visaram modernizar e melhorar a confiabilidade da rede elétrica do Campus do Pici. Nesse contexto, este trabalho apresenta um estudo do geoprocessamento e a aplicação do Sistema de Informação Geográfica desenvolvido para gerenciamento da manutenção da rede de distribuição primária em 13,8 kV do Campus Pici da Universidade Federal do Ceará. Para tal, foi necessário realizar um levantamento dos dados em campo, além de inspecionar visualmente as condições dos componentes da rede elétrica. As estruturas e equipamentos do sistema foram georreferenciadas, possibilitando a construção de um banco de dados confiável e atualizado que possa ser utilizado nas atividades de planejamento, manutenção, operação e automação da rede de distribuição primária. São apresentadas a criação e organização de dois arquivos com os dados georreferenciados, sendo um feito na ferramenta Google Earth para um rápido entendimento da rede de distribuição primária, enquanto o outro é construído na ferramenta Quantum GIS que segue os padrões exigidos pela ANEEL para os bancos de dados das concessionárias de energia elétrica.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica. Georreferenciamento. Rede de Distribuição de Energia.

ABSTRACT

The electricity distribution network of the Pic Campus of the Federal University of Ceará has undergone changes in recent years, including the installation of a 69-13.8 kV substation and the transformation of the primary network from radial to radial topology using. These implementations aimed to modernize and improve the reliability of the electrical network of the Pici Campus. In this context, this work presents a study of geoprocessing and the application of the Geographic Information System developed to manage the maintenance of the primary distribution network in 13.8 kV of the Pici Campus of the Federal University of Ceará. For this, it was necessary to carry out a survey of the data in the field, in addition to visually inspecting the condition of the components of the electrical network. The structures and equipment of the system were georeferenced, enabling the construction of a reliable and updated database that can be used in the planning, maintenance, operation and automation activities of the primary distribution network. The creation and organization of two files with georeferenced data are presented, one made in the Google Earth tool for a quick understanding of the primary distribution network, while the other is built in the Quantum GIS tool that follows the standards required by ANEEL for banks data from electricity utilities.

Keywords: Geographic Information System. Georeferencing. Energy Distribution Network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Configuração da Rede de Distribuição do Campus Pici	22
Figura 2	– Diagrama Unifilar da Subestação do Campus do Pici	24
Figura 3	– Diagrama Simplificado da Rede em Radial com Recurso	25
Figura 4	– Elementos da Rede de Distribuição: Transformadores de Distribuição (a), Chaves Seccionadoras (b) e Religadores.....	25
Figura 5	– Aplicativo UTM Geo Map	26
Figura 6	– Caixa Danificada	27
Figura 7	– Local de Poda	28
Figura 8	– Arquivo no formato KML	29
Figura 9	– Camada das Subestações	30
Figura 10	– SE Abrigada identificada por ponto e polígono	30
Figura 11	– Camada das Chaves	31
Figura 12	– Camada dos Religadores	31
Figura 13	– Camada dos Postes	32
Figura 14	– Camada dos Condutores	32
Figura 15	– Camada das zonas de Manutenção	33
Figura 16	– SE 69-13,8 kV Campus do Pici.	33
Figura 17	– Arquivo do <i>Software</i> QGIS	34
Figura 18	– Atributos exigidos para Unidade Transformadora de Distribuição: Parte 1 (a) e Parte 2 (b)	35
Figura 19	– Atributos exigidos para Unidade Transformadora de Subestação: Parte 1 (a) e Parte 2 (b)	35
Figura 20	– Atributos exigidos para Subestação	36
Figura 21	– Atributos exigidos para Unidade Seccionadora de Média Tensão	37
Figura 22	– Atributos exigidos para Ponto Notável: Parte 1 (a) e Parte 2 (b).....	37
Figura 23	– Atributos exigidos para Segmento de Rede Média Tensão	38
Figura 24	– Atributos da Camada REGISTRO	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma	26
-----------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BDGD	Base de Dados Geográfica da Distribuidora
DDA	Dicionário de Dados da ANEEL
DEE	Departamento de Engenharia Elétrica
ENEL	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica
GE	<i>Google Earth</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GREI	Grupo de Redes Inteligentes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IED	Dispositivos Eletrônicos Inteligentes
ITRF	<i>International Terrestrial Reference Frame</i>
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
OSGeo	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
QGIS	<i>Quantum GIS</i>
SCADA	Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados
SE	Subestação(ões)
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG-R	Sistema de Informação Geográfica Regulatório
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFC-INFRA	Setor de Infraestrutura da Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Justificativa.....	14
1.2	Objetivos.....	15
1.3.1	<i>Objetivo Geral</i>	15
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	15
1.3	Estrutura do Trabalho	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Sistema de Georreferenciamento	17
2.1.1	<i>Sistema Geodésico de Referência</i>	17
2.1.2	<i>Sistema de Coordenadas</i>	17
2.1.3	<i>Sistema de Informação Geográfica</i>	18
2.1.4	<i>Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados</i>	18
2.2	Ferramentas	19
2.2.1	<i>Google Earth</i>	19
2.2.2	<i>Quantum GIS</i>	19
2.3	Aplicação do SIG nos Sistemas Elétricos.....	20
2.3.1	ANEEL – PRODIST.....	21
2.4	Aplicação do SIG na Rede Elétrica do Campus do Pici	22
2.5	Considerações Finais	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	Rede de Distribuição	24
3.1.1	<i>Equipamentos</i>	25
3.2	Levantamento dos Dados em Campo.....	26
3.3	Inspeção Visual dos Equipamentos	27
3.4	Considerações Finais	28
4	DESENVOLVIMENTO DO SIG PARA A REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO DO CAMPUS DO PICI..	29
4.1	Georreferenciamento da Rede no Formato KML	29
4.2	Georreferenciamento da Rede no Padrão ANEEL	33
4.3	Considerações Finais	38
5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	40
5.1	Conclusão	40
5.2	Trabalhos Futuros	40
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o geoprocessamento vem sendo aplicado em diversas áreas de desenvolvimento urbano e rural de países com objetivo de proporcionar uma melhoria de serviços e qualidade de vida da população (ALBUQUERQUE, et al., 1999).

O geoprocessamento consiste na utilização de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA et al., 2001). O geoprocessamento permite, por meio do cruzamento e superposição de dados espaciais, agilizar os procedimentos de mapeamentos temáticos, antes onerosos e demorados (ANEEL, 2005).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são as ferramentas computacionais para o geoprocessamento de informações espaciais, as quais permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA et al., 2001). O SIG possui uma gama de aplicabilidades no setor elétrico, principalmente nas atividades de distribuição da energia elétrica.

1.1 Justificativa

Na última década, diversos estudos foram realizados pelo Grupo de Redes Elétricas Inteligentes do Departamento de Engenharia Elétrica da UFC (GREI-DEE-UFC), visando a modernização e melhoria da confiabilidade da rede elétrica do Campus do Pici da UFC (MOURA, 2010), (BARROS, 2010), (VALE, 2011), (LOPES, 2011), (GIROUX, 2012), (SILVA, 2012), (OLIVINDO, 2012), (OLIVEIRA, 2012), (ANJOS, 2013), (LIBERATO, 2014), (OLIVEIRA, 2014), (NETO, 2015), (SANTOS, 2015), (VIEIRA, 2016), (RODRIGUES, 2017), (CARNEIRO, 2017), (SOUSA, 2018), (LEITE, 2019), (RIBEIRO, 2020). Embasado pelos resultados dos estudos realizados por alunos de graduação e pós-graduação, o setor de infraestrutura da UFC (UFC-INFRA) investiu na transformação da topologia da rede de distribuição de energia em 13,8 kV com topologia radial em uma rede com topologia radial com recurso suprida por uma Subestação 69-13,8 kV, enquanto o GREI-DEE-UFC investiu na infraestrutura do

Laboratório de Redes Elétricas Inteligentes com a aquisição de IEDs de proteção padrão IEC 61850, mala de teste de relés hexafásica, rede local, sistema SCADA, e na implantação de uma microrrede.

Dentro deste contexto, este trabalho justifica-se pela aplicação do Sistema de Informação Geográfica na rede de distribuição primária do Campus do Pici visando cadastrar as estruturas e equipamentos do sistema, possibilitando construir um banco de dados confiável e atualizado, que possa ser utilizado em trabalhos futuros de planejamento, manutenção, operação e automação da rede elétrica.

1.2 Objetivos

1.3.1 *Objetivo Geral*

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar o sistema de georreferenciamento desenvolvido para gerenciamento da manutenção da rede de distribuição primária do Campus Pici da Universidade Federal do Ceará.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

Buscando alcançar o objetivo geral apresentado, têm-se os seguintes objetivos específicos que devem ser executados:

- a) Levantar os dados em campo da rede de distribuição primária do Campus Pici;
- b) Inspeccionar visualmente e cadastrar os componentes e pontos críticos da rede elétrica pelo aparelho celular, utilizando o *software UTM Geo Map*;
- c) Atualizar o Diagrama Unifilar conforme os dados obtidos em campo;
- d) Estudar a ferramenta *Google Earth* para realizar o georreferenciamento dos dados coletados;
- e) Estudar a ferramenta *Quantum GIS* para criar um banco de dados da rede de distribuição primária;
- f) Aplicar o Sistema de Informação Geográfica na subestação e na rede de distribuição primária do Campus Pici;
- g) Utilizar um banco de dados do *Quantum GIS* para o cadastro e armazenamento dos dados da rede de distribuição primária do UFC.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em quatro capítulos. O capítulo 1 apresenta a justificativa, objetivos e estrutura do trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica e introduz os conceitos referentes ao georreferenciamento, SIG, as ferramentas computacionais utilizadas, a aplicação e os benefícios do SIG na rede elétrica de distribuição e a regulamentação da ANEEL disposta no módulo 10 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST).

No capítulo 3 são apresentadas a metodologia e a análise dos dados coletados e da situação da rede de distribuição primária do Campus Pici.

O capítulo 4 apresenta a aplicação do SIG na rede de distribuição primária do Campus do Pici e a construção dos arquivos em formato KML e shape conforme os padrões da ANEEL.

No capítulo 5 são registradas as conclusões finais e as proposições para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema de Georreferenciamento

2.1.1 Sistema Geodésico de Referência

Segundo (FRITZ, 2008), um Sistema Geodésico de Referência é um sistema específico que estabelece a relação entre um ponto determinado do terreno e um elipsoide de referência, em que cada país o adota conforme seus parâmetros e normas.

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é constituído por cerca de 70.000 estações implantadas pelo IBGE por todo o território brasileiro, divididas em três tipos de redes: a Planimétrica para pontos de latitude e longitude; a Altimétrica para pontos de altitude; e a Gravimétrica para valores de gravidade (ANEEL, n.d.).

Desde 2015, o Brasil utiliza o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) como sistema de referência, que é compatível com as técnicas de posicionamento por satélite (FRITZ, 2008). O SIRGAS também pode ser compreendido como uma densificação regional do *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF) para a América Latina e Central incluindo o Caribe, sendo que sua realização também acontece por densificações nacionais da rede continental, o que pode causar uma significativa diferença entre referências de países vizinhos, impedindo o intercâmbio de informações (SIRGAS, n.d.).

2.1.2 Sistema de Coordenadas

Um Sistema Geodésico de Referência se baseia na figura de um elipsoide de referência que possui duas coordenadas principais, a latitude e a longitude; sendo a primeira a distância angular entre o plano do equador e o ponto, variando de 0 a 90 graus nas direções Norte e Sul; e a segunda é o ângulo formado entre o meridiano de origem (*Greenwich*) e o ponto, variando de 0 a 180 graus nas direções Leste e Oeste (FRITZ, 2008).

2.1.3 Sistema de Informação Geográfica

O Sistema de Informação Geográfica é um dos principais componentes do geoprocessamento, sendo este uma forma de análise e representação de informações, por meio do cruzamento e da superposição de dados espaciais (ANEEL, 2005).

O Sistema de Informação Geográfica é um sistema de informações, no qual é utilizado para manipular, sintetizar, pesquisar, editar e visualizar informações armazenadas em bases de dados (FERREIRA, 2006). O SIG possui funções específicas vinculadas à própria estrutura do sistema, se relacionando com as necessidades dos usuários (FRITZ, 2008), e essa característica multidisciplinar permite que eles sejam aplicados em todas as atividades humanas que sejam executadas em alguma posição geográfica (FERREIRA, 2006). A utilização do SIG pressupõe a existência de um banco de dados georreferenciados, cuja manipulação dar-se através de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD).

Uma das principais estratégias de geoprocessamento é a localização das coordenadas geográficas das informações obtidas por meio das cartas geográficas das respectivas regiões. Outra estratégia, é a associação dos dados com as coordenadas geográficas coletadas em campo, utilizando equipamentos de *Global Positioning System* (GPS), o que aumenta a eficiência da delimitação de áreas e pontos. A terceira é a construção de unidades geográficas com auxílio de cartografia digital (ANEEL, 2005).

2.1.4 Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

O Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados pode ser entendido como a parte do sistema que permite o gerenciamento dos dados espaciais e alfanuméricos, controlando a sua organização, armazenamento, recuperação e atualização (FRITZ, 2008).

Os dados possuem quatro características fundamentais. A primeira é a espacial (posição geográfica e geometria do elemento representado), a segunda é a não-espacial (descrição alfanumérica, pictórica e sonora), a terceira é a temporal (variações do dado no tempo e sua validade) e a quarta é a sua documentação (descrição de atributos, precisão, acurácia e informações de utilização) (FERREIRA, 2006).

2.2 Ferramentas

2.2.1 *Google Earth*

Existem vários softwares capazes de obter e armazenar coordenadas geográficas de pontos como *Google Earth*, *Google Maps*, *2GIS*, *OpenStreetMap*, entre outros. Dentre os citados, o *Google Earth* (GE) apresenta melhores funcionalidades, conteúdo e suporte para os objetivos deste trabalho.

O *Google Earth* é um programa computacional gratuito que permite o usuário obter uma visualização geoespacial de alta resolução, além de interagir com um ambiente tridimensional. Ele surgiu inicialmente como *Earth Viewer* da empresa *Keyhole, Inc*, até ser adquirido em 2004 pela *Google, Inc*, sendo renomeado para *Google Earth* em 2005 (Google, 2012).

O GE utiliza a Perspectiva Geral para projeção das suas imagens e o sistema de coordenadas geográficas (Latitude/Longitude) Datum WGS-84. A Perspectiva Geral é definida pelo ponto observador se localizar a uma distância finita superior à superfície (BRANDALIZE, 2007).

O GE atualiza constantemente suas imagens e geralmente possuem uma resolução espacial de 15 metros, mas não são disponíveis em tempo real (SILVA; NAZARENO, 2009). As imagens são obtidas a partir dos satélites *Landsat*, *Ikonos*, *Quickbird*, *Spot* (RIBAS, 2007).

2.2.2 *Quantum GIS*

O *Quantum GIS* (QGIS) é um Sistema de Informação Geográfica de código aberto licenciado sob a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), podendo rodar em sistemas *Linux*, *Unix*, *Mac OSX*, *Windows* e *Android*, oferecendo suporte para vários formatos e funcionalidades vetoriais, raster e de banco de dados (QGIS, n.d.).

Assim como vários outros *softwares* SIG, o QGIS permite que o usuário crie mapas com várias camadas utilizando diferentes projeções, podendo ser montados em diferentes formatos para diversas finalidades. Também é possível armazenar os dados

como pontos, linhas ou polígonos, além da capacidade de georreferenciar imagens (QGIS, n.d.).

O QGIS é um dos *softwares* de mapeamento gratuito e de código aberto mais atrativos, primeiramente pela facilidade de entender seu design na primeira abordagem e pela possibilidade de interoperabilidade com outros *softwares*, principalmente com aqueles de código aberto (CAVALLINI, 2010).

O Quantum GIS foi criado em 2002 por Gary Sherman, tendo um grande crescimento em 2004, possuindo um grande número de desenvolvedores espalhados pelo mundo (CAVALLINI, 2010).

2.3 Aplicação do SIG nos Sistemas Elétricos

No setor elétrico, existem várias oportunidades de aplicação do Sistema de Informação Geográfica, principalmente nas atividades de manutenção, monitoramento e operação. As empresas de distribuição de energia elétrica que trabalham com extensas redes e quantidades de postes e equipamentos, necessitam de um sistema computacional que armazene e manipule uma grande quantidade de dados (CRISPINO, 2001).

Com um SIG é possível controlar as informações e condições de todos os componentes do sistema, bem como gerenciar as redes de distribuição e abastecimento e fornecer mapas de fluxo de energia (BARBOSA, 2008).

Outras aplicações vantajosas do SIG são:

- **Triagem de reclamações:** Podem ser feitas aglutinações das reclamações recebidas pela concessionária por tipos, cada uma recebendo um grau de prioridade. Através do SIG é possível identificar reclamações agrupadas no mesmo circuito e determinar se a nova reclamação provém de fatores conhecidos ou não (OLIVEIRA, 2012).
- **Manobras:** No caso de anomalias na rede, o SIG pode ser utilizado para a localização das chaves seccionadoras mais próximas da anomalia e agilizando as providências (OLIVEIRA, 2012).
- **Manutenção:** A equipe de manutenção pode localizar com precisão os equipamentos a serem recuperados ou retirados, e controlar as manutenções dos componentes da rede (OLIVEIRA, 2012).

2.3.1 ANEEL – PRODIST

Segundo o art. 3º da resolução nº345/2008 da Agência Nacional de Energia Elétrica, as distribuidoras devem manter as informações de parâmetros elétricos, estruturais e de topologia dos sistemas de alta, média e baixa tensão em SIG, assim como as informações dos acessantes (ANEEL, 2008). A resolução nº345/2008 foi revogada pela resolução nº395/2009, mas a implementação do SIG continuou obrigatória (ANEEL, 2009).

No módulo 10 do PRODIST, a ANEEL estabelece o conjunto mínimo de informações que devem compor o Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R), seus padrão e estrutura, formato digital dos arquivos, prazos e a forma de envio à ANEEL, formas de uso e publicação das informações do SIG-R, e os requisitos mínimos de envio e validação da Base de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD) (ANEEL, 2016).

O SIG-R é um coleção de sistemas e bases de dados da ANEEL que permitem obter informações do sistema de distribuição e dos seus acessantes. Ele é composto principalmente pelo BDGD e pelo Dicionário de Dados da ANEEL (DDA), estabelecidos no módulo 10 do PRODIST (ANEEL, 2016). O BDGD é o conjunto de dados enviados pela distribuidora que devem representar a redes, estruturas, equipamentos, acessantes entre outras informações; enquanto o DDA compreende o conjunto de padrões para descrever as informações do BDGD (ANEEL, 2016).

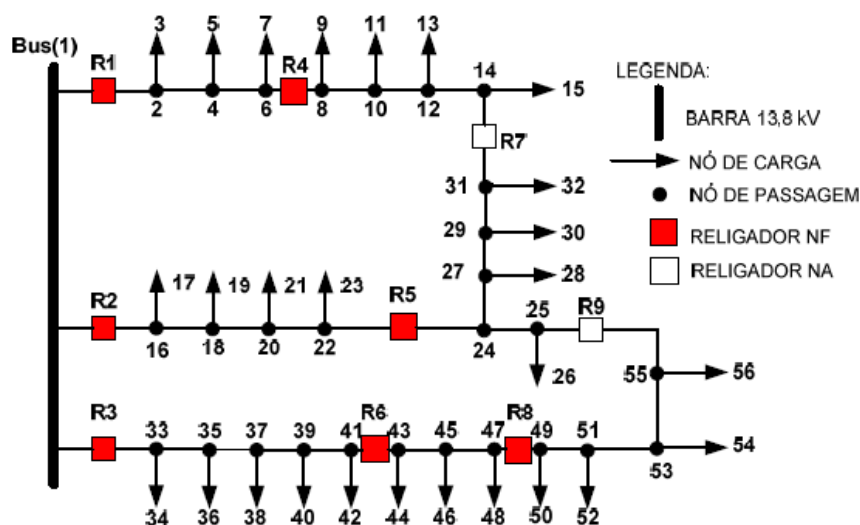
A distribuidora deve enviar seu BDGD no formato shape (shp), ESRI ou no GML no nível SF-0, no qual as entidades não geográficas do primeiro formato devem ser remetidas no formato dBase (dbf) (ANEEL, 2016).

Todos os dados cartográficos devem ser fornecidos no sistema de coordenadas geográficas (Latitude/ Longitude em graus decimais) referenciadas ao Datum SIRGAS 2000 (ANEEL, 2016). Os dados cartográficos devem ser agrupados em camadas de acordo com as características técnicas, sendo identificados por pontos (para estruturas e equipamentos), linhas (sistema de distribuição agrupados pela classe de tensão) e polígonos fechados (subestações, unidades consumidoras, gerências regionais, etc.).

2.4 Aplicação do SIG na Rede Elétrica do Campus do Pici

Nos últimos anos foram realizados estudos para implantação do SIG na rede do Campus do Pici da UFC. Em (Oliveira, 2012), o autor apresenta o georreferenciamento da rede de média tensão do Campus do Pici com a topologia radial. Em (LEITE, 2019), o autor apresenta a atual topologia da rede de distribuição primária sem a aplicação de georreferenciamento, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Configuração de Rede de distribuição do Campus Pici



Fonte: LEITE, 2019.

O diagrama da Figura 1 apresenta a rede de distribuição com topologia radial com recurso, que se caracteriza pela distribuição de energia por diferentes alimentadores e pontos de interligação em estado normalmente aberto (chaves e/ou religadores) que permitem realizar manobras e realimentação.

2.5 Considerações Finais

Neste capítulo, foi apresentado o estado atual da rede de distribuição em média tensão do campus do Pici e seus principais equipamentos.

Também foram descritos os conceitos de Sistema Geodésico de Referência, Sistemas de Coordenadas, Sistema de Informação Geográfica, Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados e as aplicações do SIG no setor elétrico.

Por último, foi explanado sobre a regulação da ANEEL no que diz respeito ao SIG, detalhada no Módulo 10 do PRODIST, e as ferramentas computacionais Google Earth e Quantum GIS.

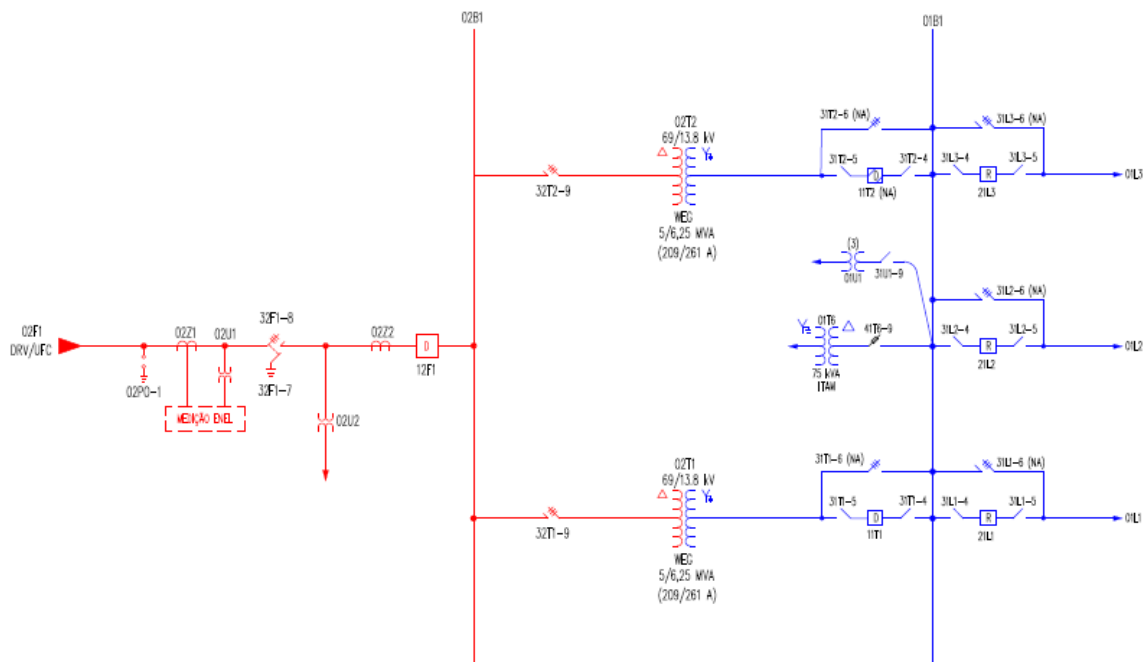
3 METODOLOGIA

Neste capítulo, é apresentado o estado atual da rede de distribuição primária do Campus do Pici, assim como as etapas do levantamento de dados das estruturas e equipamentos em campo.

3.1 Rede de Distribuição

A rede de distribuição primária do Campus Pici é suprida por meio de uma subestação de 69-13,8 kV, composta de um vão de entrada de linha, barramento de 69 kV, dois transformadores de 5,00 / 6,25 MVA (sendo um reserva), barramento de 13,8 kV e três vãos de saídas de alimentadores de distribuição em 13,8 kV, conforme apresentado no diagrama unifilar da Figura 2.

Figura 2 – Diagrama Unifilar da Subestação do Campus do Pici



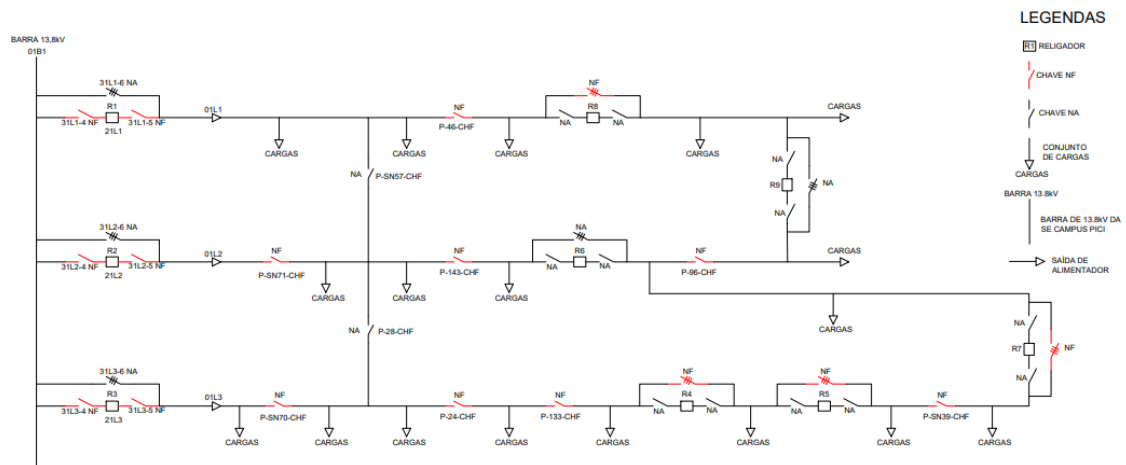
Fonte: acervo da ENEL.

A rede primária de distribuição de energia possui topologia radial com recurso conforme ilustrado na Figura 3, cabos nus de 35 mm² nos trechos principais dos alimentadores e 25 mm² nas derivações, uma potência instalada de 18,73 MVA disposta em 89 subestações, e uma demanda total de aproximadamente 4,2 MW (LEITE, 2019).

Existem nove religadores para proteção e recomposição da rede de distribuição do campus do Pici, no qual três estão instalados nas saídas de alimentadores

da subestação de 69-13,8 kV e os outros seis estão distribuídos pela rede elétrica, sendo os religadores R6 e R9 em estado normalmente aberto (NA) e os outros normalmente fechados (NF), conforme a Figura 3.

Figura 3 – Diagrama Simplificado da rede em Radial com Recurso

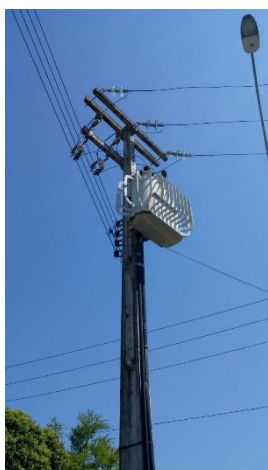


Fonte: elaborado pelo autor.

3.1.1 Equipamentos

Os principais elementos encontrados na rede de distribuição do Campus Pici além das estruturas e alimentadores, são os Transformadores de Distribuição, Chaves Seccionadoras e Religadores (Figura 4).

Figura 4 – Elementos da Rede de Distribuição: Transformadores de Distribuição (a), Chaves Seccionadoras (b) e Religadores (c)



(a)



(b)



(c)

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

3.2 Levantamento dos Dados em Campo

Primeiramente, foi realizada o levantamento dos dados nos dias 02, 03 e 04 de Fevereiro, e dia 04 de Março de 2021, conforme a Tabela 1. As coordenadas geográficas das estruturas e equipamentos da rede de média tensão foram coletados com a utilização de um aparelho celular *Motorola Moto C Plus (Android 7.0)* e um aplicativo GPS chamado *UTM Geo Map*, disponível na *Play Store* cujo o ícone é apresentado na Figura 5. Em cada medição das coordenadas geográficas, o tempo de permanência para a estabilização foi de aproximadamente 1 minuto, sendo que em alguns locais foram necessárias novas leituras para conseguir uma precisão menor que 20 metros, enquanto outros não foi possível alcançar esta precisão.

Tabela 1 – CRONOGRAMA

DATA	PERÍODO	SETORES PRINCIPAIS
02/02/2021	Manhã	Centro de Ciências Agrárias
02/02/2021	Tarde	Centro de Tecnologia e Biblioteca Central
03/02/2021	Manhã	Educação Física, Embrapa, ICA e R.U.
03/02/2021	Tarde	Centro de Ciências, R.U. (novo), SMD e blocos adjacentes
04/02/2021	Manhã	Estação de Meteorologia e terrenos de difícil acesso.
04/03/2021	Tarde	SE 69-13,8 kV e Saída de Alimentadores

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 5 – Ícone do aplicativo *UTM Geo Map*



Fonte: foto do site da PlayStore

Além dessas medições, também foram coletadas informações sobre os equipamentos e observações adicionais sobre algum fator que possa comprometer a

continuidade ou que estejam em desacordo com os documentos e projetos utilizados como base de comparação. Também foi realizado uma comprovação dos pontos geográficos utilizando a ferramenta do *Google Earth* para evitar defasagem na posição dos mesmos, principalmente nos pontos de baixa precisão.

Alguns dados coletados em campo estavam em desacordo com suas respectivas indicações presentes no Diagrama Unifilar, entre elas, as principais são: inexistência de chaves seccionadoras em determinadas estruturas e a indicação errônea do tipo da estrutura de suporte transformador.

3.3 Inspeção Visual dos Equipamentos

Durante a coleta dos dados, foi realizada uma inspeção visual nas estruturas e nos equipamentos instalados para verificar possíveis comprometimentos da integridade dos mesmos pela própria degradação, presença das árvores, entre outros fatores que indiquem a necessidade de manutenção, além dos locais com possibilidade de acidentes com pessoas e animais. Na Figura 6, é apresentado um exemplo de equipamento danificado que necessita de reparo, localizada na SE-49 no bloco em frente ao 930 e próximo ao bloco de Soldagem.

Figura 6 – Caixa danificada



Fonte: elaborado pelo autor.

A presença de galhos e árvores próximas à rede elétrica é um problema recorrente, sendo necessária uma podagem sistemática para manter uma distância segura, além da possível retirada de árvores sobre os alimentadores, conforme o exemplo registrado na Figura 7. No arquivo produzido, as regiões de poda foram identificadas em uma camada específica.

Figura 7 – Local de Poda



Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 Considerações Finais

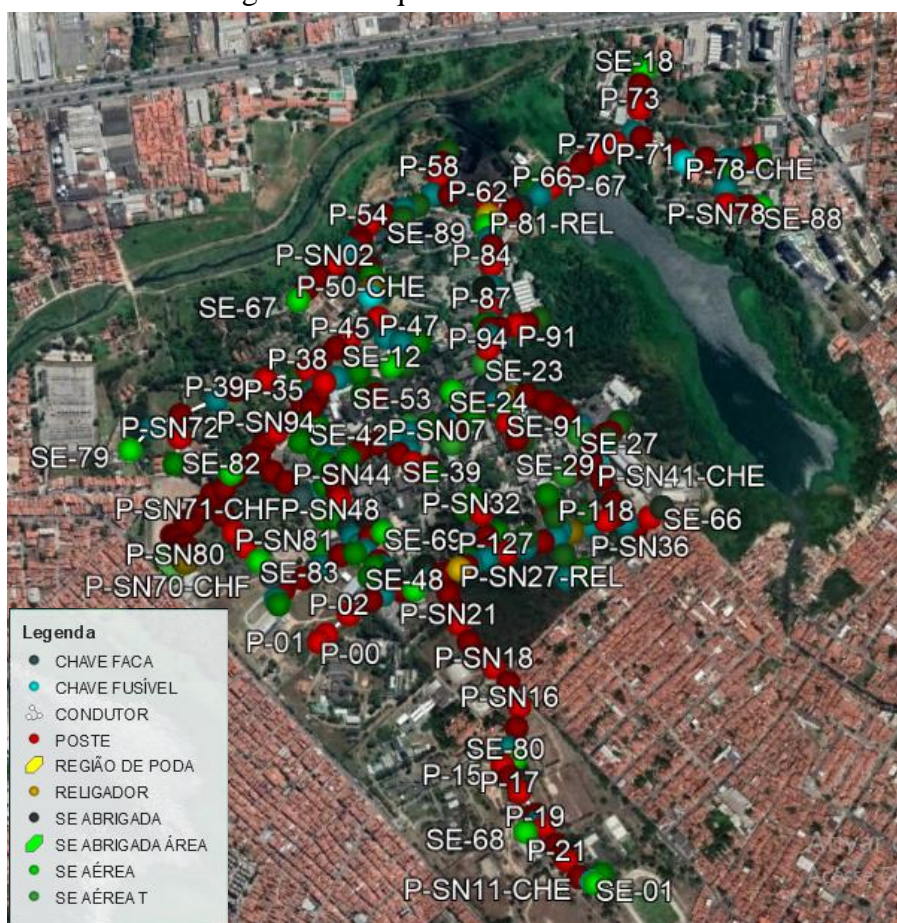
A partir do levantamento de dados, foi possível adquirir as informações dos componentes pertencentes à rede de distribuição primária e corrigir incoerências e dados antigos do Diagrama Unifilar.

4 DESENVOLVIMENTO DO SIG PARA A REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO DO CAMPUS DO PICI

4.1 Georreferenciamento da Rede no Formato KML

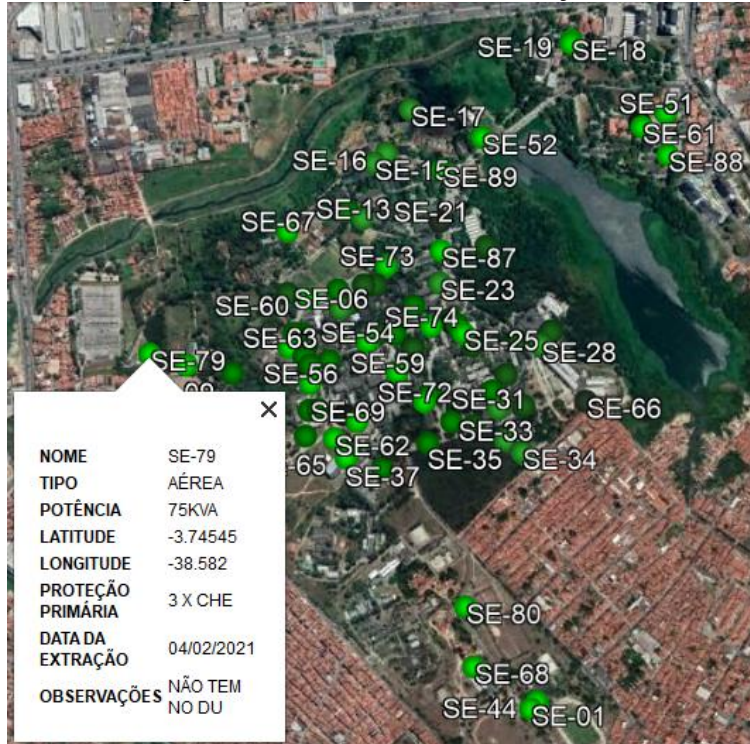
Na Figura 8, é mostrado o arquivo no formato KML produzido no software *Google Earth* que foi dividido em seis camadas para representar as estruturas da rede elétrica e regiões de poda, como também representar a região da subestação de 69-13,8 kV. A primeira camada, conforme a Figura 9, indica todas as Subestações da Rede Pici, as quais possuem as seguintes características: Nome, Tipo, Potência, Latitude, Longitude, Proteção Primária, Data de Extração e Observações. Com relação ao Tipo, eles foram classificados como Aérea (poste), Aérea T (torre) e Abrigada, cujas simbologias são pontos. As SE do tipo Abrigada também possuem representação por polígono, como indicado na Figura 10.

Figura 8 – Arquivo no formato KML



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 9 – Camada das Subestações



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 10 – SE Abrigada identificada por ponto e polígono



Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 11, é representada a camada das chaves seccionadoras instaladas na rede, possuindo as seguintes características: Nome, Tipo, Potência a Jusante, Latitude, Longitude, Data de Extração e Observações. As chaves são divididas em Facas e Fusíveis (possui elo fusível) identificadas por pontos.

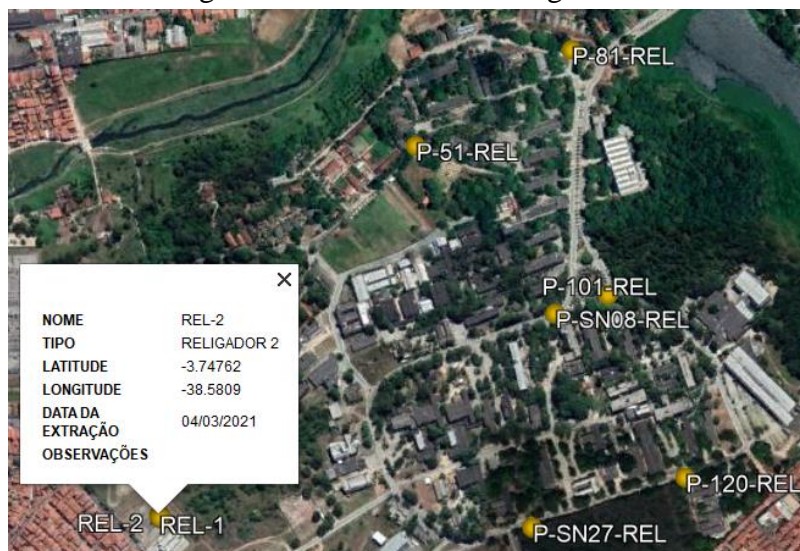
Figura 11 – Camada das Chaves



Fonte: elaborado pelo autor.

A terceira camada são indicadas os nove religadores instalados na Rede Pici com seguintes características: Nome, Tipo, Latitude, Longitude, Data de Extração e Observações, conforme a Figura 12. Eles também são representados por pontos.

Figura 12 – Camada dos Religadores



Fonte: elaborado pelo autor.

Na quarta camada possui a posição das estruturas sem nenhum equipamento elétrico, simbolizados por pontos e com as seguintes características: Nome, Tipo, Latitude, Longitude, Data de Extração e Observações, conforme a Figura 13.

Figura 13 – Camada dos Postes



Fonte: elaborado pelo autor.

A quinta camada possui a representação dos condutores da Rede Primária de Distribuição com as características de Nome, Tipo, Material/Isolação, Alimentador, Extensão, Tensão e Condutor, conforme a Figura 14. Eles são representados por linhas.

Figura 14 – Camada dos Condutores



Fonte: elaborado pelo autor.

A sexta camada é a da podagem, representando as regiões em que a podagem é necessária através de polígonos. Na Figura 15 é mostrado esta camada.

Figura 15– Camada das zonas de Manutenção



Fonte: elaborado pelo autor.

A última parte é a localização da subestação de 69-13,8 kV do Campus do Pici. Ela é identificada por um polígono e possui as seguintes informações: Nome, Potência, Tensão e Data de Extração, conforme a Figura 16.

Figura 16 – SE 69-13.8 kV Campus do Pici



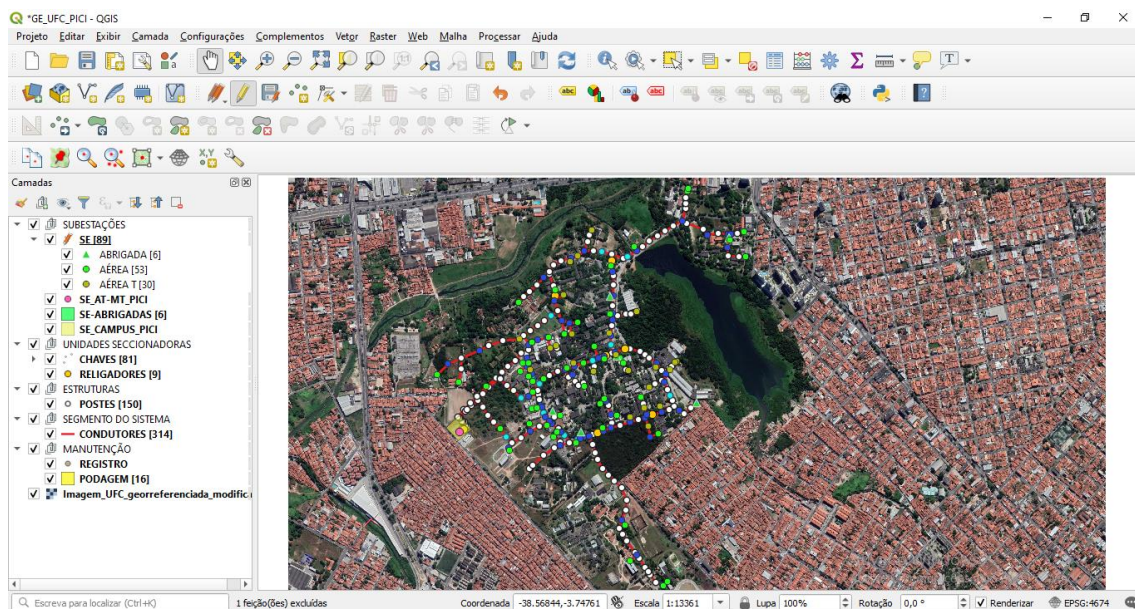
Fonte: elaborado pelo autor.

4.2 Georreferenciamento da Rede no Padrão ANEEL

Os dados do arquivo KML foram importados para o *software* QGIS, no qual foi realizado a conversão do sistema de coordenadas Datum WGS-84 para o Datum SIRGAS 2000. Este arquivo foi dividido em camadas levando em consideração as

características técnicas e geográficas dos dados, e tais camadas foram agrupadas de acordo com as similaridades de suas características. Os grupos criados são Subestações, Unidades Seccionadoras, Estruturas, Condutores, Controle e Manutenção. Na Figura 17 está exposto o arquivo montado.

Figura 17 – Arquivo do *Software* QGIS



Fonte: elaborado pelo autor.

O primeiro grupo possui quatro camadas identificando todas as subestações presentes no Campus Pici, sendo elas as 89 SE da rede de distribuição primária e a subestação de 69-13,8 kV. As camadas são SE, SE_AT-MT_PICI, SE-ABRIGADAS e SE_CAMPUS_PICI.

A camada SE identifica os transformadores das SE da rede de distribuição primária e são identificadas por pontos. Os atributos atribuídos a estes dados de acordo com o módulo 10 do PRODIST são referentes a Unidade Transformadora de Distribuição e estão apresentados na Figura 18. Esta camada é subdividida em AÉREAS, AÉREAS T e ABRIGADAS de acordo com os tipos de subestações.

Figura 18 – Atributos exigidos para Unidade Transformadora de Distribuição: Parte 1 (a) e Parte 2 (b)

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MÁXIMO	OBRIGATÓRIO	CHAVE	PADRAO	DESCRIÇÃO
1	COD_ID	Texto	20	Sim	Sim	Distribuidora	Código identificador da unidade transformadora de distribuição
2	DIST	Código externo		Sim		BASE DE AGENTES	Código da distribuidora no cadastro ANEEL
3	PAC_1	Texto	20	Sim			Ponto de acoplamento comum elétrico 1
4	PAC_2	Texto	20	Sim			Ponto de acoplamento comum elétrico 2
5	PAC_3	Texto	20	Não			Ponto de acoplamento comum elétrico 3
6	FAS_CON_P	Código DDA		Sim		TFASCON (COD_ID)	Código de referência das fases de conexão primária
7	FAS_CON_S	Código DDA		Sim		TFASCON (COD_ID)	Código de referência das fases de conexão secundária
8	FAS_CON_T	Código DDA		Sim		TFASCON (COD_ID)	Código de referência das fases de conexão terciária
9	SIT_ATIV	Código DDA		Sim		TSITATI (COD_ID)	Código de referência da situação de ativação do equipamento
10	TIP_UNID	Código DDA		Sim		TUNI (COD_ID)	Código de referência do tipo da unidade
11	POS	Código DDA		Sim		TPOS (COD_ID)	Código de referência da propriedade (posse)
12	ATRB_PER	Inteiro		Sim		(1=Distribuidora ou 2=Consumidor)	Indica a quem deve ser atribuída a perda do equipamento
13	TEN_LIN_SEC	Decimal		Sim			Tensão de linha do secundário (kV)
14	CAP_ELO	Código DDA		Sim		TCAPELFU (COD_ID)	Código de referência da capacidade do elo fusível
15	CAP_CHA	Código DDA		Sim		TCOR (COD_ID)	Código de referência da capacidade da chave (A)
16	TAP	Decimal		Sim			Valor de ajuste da tensão secundária (p.u.)

(a)

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MÁXIMO	OBRIGATORIO	CHAVE	PADRAO	DESCRIÇÃO
17	ARE_LOC	Código DDA		Sim		TARE (COD_ID)	Código de referência da área em que a unidade transformadora está localizada
18	CONF	Código DDA		Sim		TCONFIG (COD_ID)	Código de referência que indica a configuração do circuito
19	POSTO	Código DDA		Sim		TPOSTOTRAN (COD_ID)	Código de referência do posto de transformação
20	POT_NOM	Decimal		Sim			Potência nominal aparente (kVA)
21	PER_FER	Decimal		Sim			Perda no ferro (W)
22	PER_TOT	Decimal		Sim			Perda total (W)
23	DAT_CON	Texto	10	Sim		DD/MM/AAAA	Data de conexão
24	CTMT	Vinculado		Sim	Sim	CTMT (COD_ID)	Código do circuito de média tensão
25	UNI_TR_S	Vinculado		Sim	Sim	UNTRS (COD_ID)	Código da unidade transformadora de subestação
26	SUB	Vinculado		Sim	Sim	SUB (COD_ID)	Código da subestação
27	CONJ	Vinculado		Sim	Sim	CONJ (COD_ID)	Código do conjunto de unidades consumidoras
28	MUN	Código externo		Sim		MALHA MUNICIPAL DIGITAL	Código do município na malha municipal digital
29	BANC	Inteiro		Sim		(0=Falso ou 1=Verdadeiro)	Indica se a unidade é composta de um banco de equipamentos
30	TIP_TRAFO	Código DDA		Sim		TTRANF (COD_ID)	Código de referência do tipo do transformador
31	MRT	Inteiro		Sim		(0=Falso ou 1=Verdadeiro)	Indica se a unidade é monofásica com retorno por terra
32	DESCR	Texto	255	Não			Descrição livre do registro

(b)

Fonte: (ANEEL, 2016)

A camada SE_AT-MT_PICI identifica o transformador da subestação de 69-13,8 kV, sendo representado por ponto e cujos atributos associados são referentes a Unidade Transformadora de Subestação apresentados na Figura 19.

Figura 19 – Atributos exigidos para Unidade Transformadora de Subestação: Parte 1 (a) e Parte 2 (b)

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MÁXIMO	OBRIGATÓRIO	CHAVE	PADRAO	DESCRIÇÃO
1	COD_ID	Texto	20	Sim	Sim	Distribuidora	Código identificador da unidade transformadora de subestação
2	SUB	Vinculado		Sim	Sim	SUB (COD_ID)	Código de referência da subestação
3	BARR_1	Vinculado		Sim	Sim	BAR (COD_ID)	Código de referência do barramento 1
4	BARR_2	Vinculado		Sim	Sim	BAR (COD_ID)	Código de referência do barramento 2
5	BARR_3	Vinculado		Não	Sim	BAR (COD_ID)	Código de referência do barramento 3
6	PAC_1	Texto	20	Sim			Ponto de acoplamento comum elétrico 1
7	PAC_2	Texto	20	Sim			Ponto de acoplamento comum elétrico 2
8	PAC_3	Texto	20	Não			Ponto de acoplamento comum elétrico 3
9	DIST	Código externo		Sim		BASE DE AGENTES	Código da distribuidora no cadastro ANEEL
10	FAS_CON_P	Código DDA		Sim		TFASCON (COD_ID)	Código de referência das fases de conexão primária
11	FAS_CON_S	Código DDA		Sim		TFASCON (COD_ID)	Código de referência das fases de conexão secundária
12	FAS_CON_T	Código DDA		Sim		TFASCON (COD_ID)	Código de referência das fases de conexão terciária
13	SIT_ATIV	Código DDA		Sim		TSITATI (COD_ID)	Código de referência da situação de ativação do equipamento
14	TIP_UNID	Código DDA		Sim		TUNI (COD_ID)	Código de referência do tipo da unidade
15	POS	Código DDA		Sim		TPOS (COD_ID)	Código de referência da propriedade (posse)
16	ARE_LOC	Código DDA		Sim		TARE (COD_ID)	Código de referência da área em que a unidade transformadora está localizada
17	POT_NOM	Decimal		Sim			Potência nominal aparente (MVA)

(a)

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MÁXIMO	OBRIGATORIO	CHAVE	PADRAO	DESCRIÇÃO
18	POT_F01	Decimal		Não			Potência nominal aparente com ventilação forçada 01 (MVA)
19	POT_F02	Decimal		Não			Potência nominal aparente com ventilação forçada 02 (MVA)
20	PER_FER	Decimal		Sim			Percentual de perda no ferro (%)
21	PER_TOT	Decimal		Sim			Percentual de perda total (%)
22	BANC	Inteiro		Sim		(0=Falso ou 1=Verdadeiro)	Indica se a unidade é composta de um banco de equipamentos
23	DAT_CON	Texto	10	Sim		DD/MM/AAAA	Data de conexão
24	CONJ	Vinculado		Sim	Sim	CONJ (COD_ID)	Código do conjunto de unidades consumidoras
25	MUN	Código externo		Sim		MALHA MUNICIPAL DIGITAL	Código do município na malha municipal digital
26	TIP_TRAFO	Código DDA		Sim		TTRANF (COD_ID)	Código de referência do tipo do transformador
27	ALOC_PERD	Código DDA		Sim		TALCPRD (COD_ID)	Código de referência do tipo de alocação do nível de alocação de perdas
28	ENES_01	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 1º período (kWh)
29	ENES_02	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 2º período (kWh)
30	ENES_03	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 3º período (kWh)
31	ENES_04	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 4º período (kWh)
32	ENES_05	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 5º período (kWh)
33	ENES_06	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 6º período (kWh)
34	ENES_07	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 7º período (kWh)
35	ENES_08	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 8º período (kWh)
36	ENES_09	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 9º período (kWh)
37	ENES_10	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 10º período (kWh)
38	ENES_11	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 11º período (kWh)
39	ENES_12	Decimal		Sim			Energia ativa medida no secundário do 12º período (kWh)
40	ENET_01	Decimal		Sim			Energia ativa medida no terciário do 1º período (kWh)
41	ENET_02	Decimal		Sim			Energia ativa medida no terciário do 2º período (kWh)
42	ENET_03	Decimal		Sim			Energia ativa medida no terciário do 3º período (kWh)
43	ENET_04	Decimal		Sim			Energia ativa medida no terciário do 4º período (kWh)
44	ENET_05	Decimal		Sim			Energia ativa medida no terciário do 5º período (kWh)
45	ENET_06	Decimal		Sim			Energia ativa medida no terciário do 6º período (kWh)
46	ENET_07	Decimal		Sim			Energia ativa medida no terciário do 7º período (kWh)
47	ENET_08	Decimal		Sim			Energia ativa medida no terciário do 8º período (kWh)

(b)

Fonte: (ANEEL, 2016)

As camadas SE-ABRIGADAS e SE_CAMPUS_PICI identificam o espaço físico ocupado pelas subestações abrigadas e pela subestação de 69-13,8 kV pela representação de polígonos fechados. As duas possuem atributos associados referente a Subestação, apresentados na Figura 20.

Figura 20 – Atributos exigidos para Subestação

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MÁXIMO	OBRIGATORIO	CHAVE	PADRAO	DESCRIÇÃO
1	COD_ID	Texto	20	Sim	Sim	Distribuidora	Código identificador da subestação
2	DIST	Código externo		Sim		BASE DE AGENTES	Código da distribuidora no cadastro ANEEL
3	POS	Código DDA		Sim		TPOS (COD_ID)	Código de referência da propriedade (posse)
4	NOM	Texto	50	Sim			Nome da subestação
5	DESCR	Texto	255	Não			Descrição livre do registro

Fonte: (ANEEL, 2016)

O segundo grupo possui duas camadas identificando as 81 chaves seccionadoras e os 9 religadores da rede de distribuição primária. As camadas são CHAVES e RELIGADORES, no qual são representadas por pontos e possuem os atributos associados referente a Unidade Seccionadora de Média Tensão, conforme a Figura 21. A camada CHAVES é subdividida nas camadas FACA e FUSÍVEL de acordo com o tipo de equipamento instalado.

Figura 21 – Atributos exigidos para Unidade Seccionadora de Média Tensão

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MÁXIMO	OBRIGATÓRIO	CHAVE	PADRÃO	DESCRIÇÃO
1	COD_ID	Texto		Sim	Sim	Distribuidora	Código identificador da unidade seccionadora
2	DIST	Código externo		Sim		BASE DE AGENTES	Código da distribuidora no cadastro ANEEL
3	PAC_1	Texto	20	Sim			Ponto de acoplamento comum elétrico 1
4	PAC_2	Texto	20	Sim			Ponto de acoplamento comum elétrico 2
5	FAS_CON	Código DDA		Sim		TFASCON (COD_ID)	Código de referência das fases de conexão
6	SIT_ATIV	Código DDA		Sim		TSITATI (COD_ID)	Código de referência da situação de ativação do equipamento
7	TIP_UNID	Código DDA		Sim		TUNI (COD_ID)	Código de referência do tipo da unidade
8	P_N_OPE	Código DDA		Sim		TNOROPE (COD_ID)	Código de referência da posição normal de operação
9	CAP_ELO	Código DDA		Sim		TCAPFLU (COD_ID)	Código de referência da capacidade do elo fusível
10	COR_NOM	Código DDA		Sim		TCOR (COD_ID)	Corrente nominal (A)
11	TLCD	Inteiro		Sim		(0=Falso ou 1=Verdadeiro)	Indica se a unidade é telecomandada
12	DAT_CON	Texto	10	Sim		DD/MM/AAAA	Data de conexão
13	POS	Código DDA		Sim		TPOS (COD_ID)	Código de referência da propriedade (posse)
14	CTMT	Vinculado		Sim	Sim	CTMT (COD_ID)	Código do circuito de média tensão
15	UNI_TR_S	Vinculado		Sim	Sim	UNTRS (COD_ID)	Código da unidade transformadora de subestação
16	SUB	Vinculado		Sim	Sim	SUB (COD_ID)	Código da subestação
17	CONJ	Vinculado		Sim	Sim	CONJ (COD_ID)	Código do conjunto de unidades consumidoras
18	MUN	Código externo		Sim		MALHA MUNICIPAL DIGITAL	Código do município na malha municipal digital
19	ARE_LOC	Código DDA		Sim		TARE (COD_ID)	Código de referência da área em que o segmento de rede está localizado
20	DESCR	Texto	255	Não			Descrição livre do registro

Fonte: (ANEEL, 2016)

O terceiro grupo contém apenas a camada POSTES que identifica todas as estruturas da rede primária sem equipamentos instalados. Ela é representada por pontos, possuindo os atributos associados a Ponto Notável, indicados na Figura 22.

Figura 22 – Atributos exigidos para Ponto Notável: Parte 1 (a) e Parte 2 (b)

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MÁXIMO	OBRIGATÓRIO	CHAVE	PADRÃO	DESCRIÇÃO
1	COD_ID	Texto	20	Sim	Sim	Distribuidora	Código identificador do ponto notável
2	DIST	Código externo		Sim		BASE DE AGENTES	Código da distribuidora no cadastro ANEEL
3	TIP_PN	Código DDA		Sim		TPONNOT (COD_ID)	Código de referência do tipo de ponto notável
4	POS	Código DDA		Sim		TPOS (COD_ID)	Código de referência da propriedade (posse)
5	ESTR	Código DDA		Sim		TESTR (COD_ID)	Código de referência do tipo da estrutura
6	MAT	Código DDA		Sim		TESTMAT (COD_ID)	Código de referência do material da estrutura
7	ESF	Código DDA		Sim		TESTESF (COD_ID)	Código de referência do esforço da estrutura
8	ALT	Código DDA		Sim		TESTALT (COD_ID)	Código de referência da altura da estrutura
9	ARE_LOC	Código DDA		Sim		TARE (COD_ID)	Código de referência da área em que ponto notável está localizado
10	CONJ	Vinculado		Sim	Sim	CONJ (COD_ID)	Código do conjunto de unidades consumidoras
11	MUN	Código externo		Sim		MALHA MUNICIPAL DIGITAL	Código do município na malha municipal digital
12	ODI	Texto	99	Não		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (ordem de imobilização)
13	TI	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (tipo de instalação)
14	CM	Texto	3	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (centro modular)
15	TUC	Texto	3	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (tipo de unidade de cadastro)
16	A1	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (unidade de cadastro com atributo tipo de bem)

(a)

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MÁXIMO	OBRIGATORIO	CHAVE	PADRÃO	DESCRIÇÃO
17	A2	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (unidade de cadastro com atributo A2)
18	A3	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (unidade de cadastro com atributo A3)
19	A4	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (unidade de cadastro com atributo A4)
20	A5	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (unidade de cadastro com atributo A5)
21	A6	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial (unidade de cadastro com atributo A6)
22	SITCONT	Código DDA		Sim		TSITCONT (COD_ID)	Código de referência da situação contábil do ativo
23	DESCR	Texto	255	Não			Descrição livre do registro

(b)

Fonte: (ANEEL, 2016)

O quarto grupo contém também apenas a camada CONDUTORES, identificando os segmentos de rede de média tensão. Ela é representada por linhas e possui os atributos associados referentes a Segmento de Rede Média Tensão, conforme a Figura 23.

Figura 23 – Atributos exigidos para Segmento de Rede Média Tensão

#	CAMPO	TIPO	TAMANHO MAXIMO	OBRIGATORIO	CHAVE	PADRÃO	DESCRIÇÃO
1	COD_ID	Texto	20	Sim	Sim	Distribuidora	Código identificador do segmento de rede
2	PN_CON_1	Vinculado		Sim	Sim	PONNOT (COD_ID)	Código do ponto notável conectado 1
3	PN_CON_2	Vinculado		Sim	Sim	PONNOT (COD_ID)	Código do ponto notável conectado 2
4	CTMT	Vinculado		Sim	Sim	CTMT (COD_ID)	Código do circuito de média tensão
5	UNI_TR_S	Vinculado		Sim	Sim	UNTRS (COD_ID)	Código da unidade transformadora de subestação
6	SUB	Vinculado		Sim	Sim	SUB (COD_ID)	Código da subestação
7	CONJ	Vinculado		Sim	Sim	CONJ (COD_ID)	Código do conjunto de unidades consumidoras
8	ARE_LOC	Código DDA		Sim		TARE (COD_ID)	Código de referência da área em que o segmento de rede está localizado
9	DIST	Código externo		Sim		BASE DE AGENTES	Código da distribuidora no cadastro ANEEL
10	PAC_1	Texto	20	Sim			Ponto de acoplamento comum elétrico 1
11	PAC_2	Texto	20	Sim			Ponto de acoplamento comum elétrico 2
12	FAS_CON	Código DDA		Sim		TFASCON (COD_ID)	Código de referência das fases de conexão
13	TIP_CND	Vinculado		Sim	Sim	SEGCN (COD_ID)	Código do tipo de segmento condutor
14	POS	Código DDA		Sim		TPOS (COD_ID)	Código de referência da propriedade (posse)
15	ODI_FAS	Texto	99	Não		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial da fase (ordem de imobilização)
16	TI_FAS	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial da fase (tipo de instalação)
17	SITCONT_FAS	Código DDA		Sim		TSITCONT (COD_ID)	Código de referência da situação contábil do ativo
18	ODI_NEU	Texto	99	Não		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial do neutro (ordem de imobilização)
19	TI_NEU	Texto	2	Sim		MCPSE	Código de referência do controle patrimonial do neutro (tipo de instalação)
20	SITCONT_NEU	Código DDA		Sim		TSITCONT (COD_ID)	Código de referência da situação contábil do ativo
21	COMP	Decimal		Sim			Comprimento do segmento de rede (m)
22	DESCR	Texto	255	Não			Descrição livre do registro

Fonte: (ANEEL, 2016)

O quinto grupo possui as camadas de PODAGEM e REGISTRO. A primeira possui as localizações dos locais que necessitam de poda representada por polígono, enquanto a segunda possui atributos para registrar as localizações e informações das faltas, manutenções e operações no sistema, representada por ponto, como ilustrado na Figura 24. A camada REGISTRO possibilita a construção de um histórico de faltas e das operações do sistema. Elas não estão associadas a nenhuma unidade do PRODIST.

Figura 24 – Atributos da Camada REGISTRO

id	NULL
DATA	NULL
HORARIO	NULL
ELEMENTO	NULL
ELE_ASSOC	NULL
DESCRICA0	NULL
TIPO	NULL

Fonte: elaborado pelo autor.

4.3 Considerações Finais

Neste capítulo foram abordados a construção e a organização dos arquivos nos softwares *Google Earth* e *Quantum GIS*. Com relação ao arquivo no padrão da ANEEL, alguns dos dados dos atributos exigidos não foram inseridos no arquivo devido

à dificuldade de acesso, como as perdas dos transformadores, esforços dos postes, energia ativa medida, entre outros.

Estes dois arquivos devem ser encaminhados para a UFC de modo que haja um aproveitamento e atualização dos seus dados.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusão

Este trabalho teve como produto final o georreferenciamento da rede elétrica do Campus do Pici da UFC segundo padrão definido no Procedimento de Distribuição de Redes Elétricas da ANEEL. Para o georreferenciamento da subestação de 69 kV / 13,8 kV bem como a rede primária em 13,8 kV do campus universitário do Pici foi usado o *software Quantum GIS* segundo regulamentado pela ANEEL.

Foi realizado um levantamento em campo das estruturas e equipamentos da rede para registro da posição geográfica utilizando o aplicativo *UTM Geo Map* no aparelho celular *Motorola Moto C Plus*, que depois foram repassados para a ferramenta *Google Earth* para a organização dos dados, permitindo uma rápida visualização e interpretação da rede elétrica do campus do Pici. Estes dados foram então transferidos para o QGIS, transformando o sistema de coordenadas e adequando aos padrões estabelecidos no PRODIST.

As duas ferramentas principais cumpriram seus propósitos, mas apresentaram algumas limitações. O *Quantum GIS* não foi utilizado inicialmente no cadastro dos componentes da rede de distribuição primária devido ao tempo que leva na adição de cada ponto e ao processo de aprendizagem e adequação inicial. Já o *Google Earth* carece na automatização do preenchimento e organização dos dados após o cadastro, diferentemente do QGIS.

Portanto, este trabalho alcançou os seus objetivos de desenvolver e apresentar um sistema de georreferenciamento para a rede de distribuição primária do campus Pici, o qual proporciona uma base de dados atualizada e pode auxiliar na operação e manutenção mais rápidas da rede elétrica do campus.

5.2 Trabalhos Futuros

O banco de dados criado neste trabalho servirá para trabalhos futuros sobre:

- Expansão do banco de dados para implementar os elementos a rede de baixa tensão;
- Levantamento da iluminação dos postes para trabalhos de eficiência energética;

- Implementação dos dados de unidades de geração distribuída;
- Estudos de simulações da rede elétrica em caso de modificação e/ou expansão;
- Implantação de um sistema de inspeção georrefenciado com identificação de defeitos armazenamento de imagens;
- Cadastro das árvores para acompanhamento do crescimento e remoção das árvores com risco ao sistema elétrico.
- Estudo de confiabilidade da rede de distribuição primária do campus do Pici

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Ivo Carvalho de; LEÃO, Ruth Pastôra Saraiva; LOUREIRO Carlos Felipe Grangeiro. **APLICAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NO DESENVOLVIMENTO DE MAPA ELETROGEOGRÁFICO DO CAMPUS DO PICI**. Foz do Iguaçu, 1999. Trabalho apresentado no XV SNPTEE- Seminário Nacional De Produção E Transmissão De Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2015/12/APLICA%C3%87%C3%83O-DO-GEOPROCESSAMENTO-NO-DESENVOLVIMENTO-DE-MAPA-ELETROGEOGR%C3%81FICO-DO-CAMPUS-DO-PICI.pdf>. Acesso em: 13 de abril 2021

ANEEL. **Geoprocessamento de Informações Energéticas**. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/introducao/1_3.htm. Acesso em: 04 mar 2021

ANEEL. **Sistema Geodésico Brasileiro – SGB (Projeto Básico)**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2Fweb%2Fguest%2Fbusca&_101_assetEntryId=15056327&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=sistema-geodesico-brasileiro-sgb-projeto-basico-
&inheritRedirect=true#:~:text=Constitu%C3%ADdo%20por%20cerca%20de%2070.00,Refer%C3%Aancias%20de%20N%C3%ADvel)%3B%20Rede_ Acesso em: 16 de fev. 2021

ANJOS, Reginaldo Silva dos. **SGMlee - Sistema de Gerenciamento da Medição Inteligente de Energia Elétrica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

BARBOSA, Leandro Rodrigues. **Integração entre Sistema de Informação Geográfica e Sistema de Projeto de Redes de Distribuição**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BRANDALIZE, Amauri Alfredo. **Globos Digitais, ESTEIO - Engenharia e Aerolevantamentos S.A.** 2007. Disponível em: <https://www.esteio.com.br/>. Acesso em: 05 mar 2021.

BRASIL. ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – **PRODIST, Módulo 10, de 18 de julho de 2016**. Sistema de Informação Geográfica Regulatório. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/modulo-10>. Acesso em: 03 mar. 2021

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa No 345, de 31 de dezembro de 2008**. Aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, versão 2008, bem como altera dispositivos das Resoluções Normativas ANEEL 024 de 27.01.2000, 505 de 26.11.2001, 520 de 17.09.2002, 112 de 18.05.1999 e 166 de 10.10.2005. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=108878>. Acesso em: 03 mar. 2021

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 395, de 24 de dezembro de 2009**. Aprova a revisão dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, versão 1/2009; e revoga Resoluções Normativas. Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=111091>. Acesso em: 03 mar. 2021

CARNEIRO, A. V. **Desenvolvimento e Implementação de Microrrede em Campus Universitário com Tecnologia Solar Fotovoltaica e de Armazenamento**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

CAVALLINI, Paolo. **Free Gis Desktop And Analyses: Quantumgis, The Easy Way, Italy**, Geospatial World, 12 julho 2010. Disponível em: <https://www.geospatialworld.net/article/free-gis-desktop-and-analyses-quantumgis-the-easy-way/>. Acesso: 05 mar. 2021.

CRISTINO, Ferdinando. **Reconfiguração de Redes Primárias de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Sistemas de Informações Geográficas**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FERREIRA, Prof. Dr. Nilson Clementino. **Apostila De Sistema de Informações Geográficas**. Apostila Elaborada para a Disciplina Sistema de Informações Geográficas da Coordenação da Área de Geomática do Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado de Goiás. Goiânia, 2006.

FRITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

GOOGLE. **Google Earth**. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 20 de fev. 2021

LEITE, Fabrício da Rocha. **Posicionamento Eficiente de Chaves em Rede de Distribuição Utilizando Algoritmo Multiobjetivo com Validação de Solução por meio de Verificação de Restrições**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

LIBERATO, João Paulo Dias. **Estudos e Aplicação de um Supervisório Integrado a um Banco de Dados para a Rede de Distribuição do Campus do Pici**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MEIRELES, Denise. **Aplicabilidade de Subestações Compactas Isoladas a Gás em Grandes Centros Urbanos: Proposta de Procedimento Aplicado à Expansão do Sistema Elétrico**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

NETO, Francisco Sousa de Oliveira. **Representação Nó-profundidade Aplicada aos Estudos Elétricos para Recomposição Automática de Rede de Distribuição de Energia do Campus do PICI da Universidade Federal do Ceará**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

OLIVEIRA, Rafael Barbosa Estevão de. **Georreferenciamento da Rede de Média Tensão do Campus do PICI**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

OLIVEIRA, Rodrigo Carvalho de. **Estudo para Aplicação de um Sistema de Automação para a Microrrede do Laboratório de Redes Elétricas Inteligentes**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

OLIVINDO, Aglailson Silva de. **Estudo de um Sistema de Proteção para a Microrrede do Campus do PICI**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2012.

QGIS. **QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS**. Disponível em: <https://www.qgis.org/en/site/about/index.html>. Acesso em: 26 fev. 2021.

RIBAS, Wanderley Kampa. **Os Limites Posicionais do Google Earth**, ESTEIO - Engenharia e Aerolevantamentos S.A. 2007. Disponível em: <https://www.esteio.com.br/>. Acesso em: 05 mar 2021.

RIBEIRO, José Cleison Cassiano. **Desenvolvimento De Sistema De Gerenciamento, Supervisão, Controle E Aquisição De Dados Da Microrrede Universitária Do Campus Do PICI - UFC**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

RODRIGUES, Lucas da Penha. **Estudo e Implementação das Funções de Controle e Proteção baseadas na norma IEC 61.850 para Automação da Subestação 69-13,8 kV do Campus do PICI da Universidade Federal do Ceará**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SANTOS, Lucélia Alves dos. **Integração de um Sistema de Recomposição Automático via OPC Para Automação da Rede Elétrica do Campus do PICI da Universidade Federal do Ceará**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SILVA, Felipe Alencar da. **Estudo e Filosofia do Projeto Elétrico Aplicado à Proteção da Subestação UFC Campus do PICI 69-13.8 kV**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SILVA, L. A; NAZARENO, N. R. X. Análise do Padrão de Exatidão Cartográfica da Imagem do Google Earth Tendo como Área de Estudo a Imagem da Cidade de Goiânia. *In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*. 2009, Natal. **Anais [...]**. INPE, p. 1723-1730, 25-30 abril. Disponível em: <http://mar.tecnico.uff.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.15.58/doc/1723-1730.pdf>. Acesso em: 25 de fev. 2021

SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). **Sistema de referência geocentrico**. Disponível em: <http://www.sirgas.org/pt/sirgas-definition/>. Acesso em: 04 mar 2021.

SOUSA, Adrielly Maria Mendonça de Paiva. **Aplicação web baseada em georreferenciamento para gerenciamento de ativos da rede de distribuição de média tensão do Campus do PICI da Universidade Federal do Ceará**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

VIEIRA, Caio Ribeiro. **Análise dos Impactos da Geração Solar Fotovoltaica no Sistema Elétrico de Distribuição de Energia de um Campus Universitário.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.