



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

**LUCAS COSTA XIMENES RODRIGUES**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA SCADA BASEADO NO PADRÃO DE IHM DE  
ALTA PERFORMANCE APLICADO À SUBESTAÇÃO DE GERAÇÃO EÓLICA**

**FORTALEZA**

**2022**

LUCAS COSTA XIMENES RODRIGUES

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA SCADA BASEADO NO PADRÃO DE IHM DE  
ALTA PERFORMANCE APLICADO À SUBESTAÇÃO DE GERAÇÃO EÓLICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para a obtenção de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio.

FORTALEZA

2022

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

---

- R614d Rodrigues, Lucas Costa Ximenes.  
Desenvolvimento de sistema SCADA baseado no padrão de IHM de alta performance aplicado à subestação de geração eólica / Lucas Costa Ximenes Rodrigues. – 2022.  
72 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio.
1. Automação de sistemas elétrico. 2. Subestação. 3. SCADA. I. Título.

CDD 621.3

---

LUCAS COSTA XIMENES RODRIGUES

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA SCADA BASEADO NO PADRÃO DE IHM DE  
ALTA PERFORMANCE APLICADO À SUBESTAÇÃO DE GERAÇÃO EÓLICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal do Ceará como parte dos  
requisitos para a obtenção de Graduação em  
Engenharia Elétrica.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof. Dr. Lucas Silveira Melo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Me. Bruno Pires de Campos  
Automalógica Sistemas para Automação

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido o conhecimento e a saúde necessária para me aplicar à confecção do presente trabalho.

Aos meus pais, João Marcelo e Viviane Maria, que tanto acreditaram em mim e priorizaram a minha formação acadêmica e profissional. Sempre estiveram ao meu lado torcendo e me incentivando a não desistir e a tomar as decisões mais sábias durante essa trajetória.

À minha companheira de vida, Camila, que me auxiliou durante todo o processo da graduação com seus conselhos e consolo bem presente durante momentos difíceis. Agradeço à sua fé em minha pessoa e ao seu respeito e carinho para comigo.

Ao meu avô Hildo Costa que sempre me inspirou a viver uma vida na base do esforço, da disciplina e do mérito, assim como ele mesmo o fez no seu período em que passou por esta terra.

Aos meus amigos de faculdade Mario Anderson, Wesley Gonçalves e Miguel Ângelo por todo o apoio que me deram durante cada disciplina cursada ao longo da graduação.

À Automalógica e toda a sua equipe por ter me auxiliado e me ofertado tanto conhecimento desde o início da minha trajetória como estagiário até o presente momento. Em especial agradecer: aos recrutadores que viram potencial em mim, Evandro Carvalho e Alex Silva; e aos meus companheiros de labuta Bruno Campos e João Pedro Oliveira que tanto me inspiraram nesta caminhada que tenho vivido.

A todo o corpo docente da Universidade Federal do Ceará (UFC), o qual me proporcionou experiências de aprendizado que jamais poderão ser substituídas.

Ao meu orientador do TCC Prof. Dr. Raimundo pelo excelente apoio, pela paciência e auxílio na elaboração e revisão do meu trabalho.

## RESUMO

A automação de subestações tem proporcionado grandes benefícios para o setor elétrico, como: a operação remota, o monitoramento e armazenamento de eventos da subestação e facilitação da manutenção dos equipamentos de pátio. Nos modernos sistemas de automação, a solução SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) está presente nas subestações e nos centros de operações coletando dados do sistema elétrico em tempo real para que o operador, por meio da IHM, possa comandar, controlar e supervisionar o sistema elétrico. O padrão das telas do SCADA tradicionalmente contava com cores extravagantes, utilizava muitas figuras em perspectiva tridimensional e contava com uma série de telas de navegação, o que dificulta bastante a operação por meio dessas interfaces. Nos últimos anos, a norma ISA-101.1 estabeleceu a formalização das IHMs de alta performance visual. A nova metodologia de IHMs se mostra mais eficiente na operação, visto que o seu desempenho computacional e seus recursos contribuem para uma melhor tomada de decisões por parte dos operadores. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar todo o processo de desenvolvimento do sistema SCADA da subestação de geração eólica Quixaba baseando-se no conceito de IHM de alta performance. No presente trabalho, utilizou-se o *software Elipse Power* e os *drivers* dos protocolos de comunicação DNP 3.0, IEC 61.850 e *Modbus*. Os dois primeiros para coletar dados da subestação e o terceiro para coletar os dados dos aerogeradores que alimentam a planta. A partir do projeto finalizado constatou-se que a aplicação do *Elipse Power*, baseada nos conceitos de IHMs de alta performance, apresentaram desempenho computacional satisfatório, visto a sua simples e eficiente integração com os diversos protocolos de comunicação e com o serviço de banco de dados, além de conter recursos mais intuitivos, facilitando a atividade dos operadores do sistema.

**Palavras-chave:** automação de sistemas elétricos; subestação; SCADA.

## ABSTRACT

The automation of substations has provided great benefits to the electric sector, such as: remote operations, monitoring and storage of substation events and maintenance facilitation of patio equipments. In modern automation systems, the solution SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) is present in substations and operations centers collecting data from the electrical system in real time so that the operator can, by HMI, command, control and supervise the electric system. The screen pattern of SCADA traditionally counted with a model of extravagant colors, utilized a lot of three-dimensional perspective figures and had a series of navigation screens, which makes the operation through these interfaces quite difficult. In the last years, the norm ISA-101.1 established the formalization of HMIs of high visual performance. The new methodology of HMIs proves to be more efficient in operation, since its computational performance and resources contribute to better decision-making by operators. Within this context, the objective of this academic work is to present all the development process of SCADA for the Quixaba wind generation substation based on the concept of a high-performance HMI. In the present work, the Elipse Power software and the drivers of the DNP 3.0, IEC 61.850 and Modbus communication protocols were used. The first two to collect data of the substation and the third one to collect data from wind turbines that power the plan. From the project, it was confirmed that the application of Elipse Power, based on the concepts of high-performance HMIs, presented better computational performance, since its simple and efficient integration to communication protocols and the database service, and more intuitive resources, in order to facilitate the activity of the system operators.

**Key words:** Automation of Electrical Systems, Substation, SCADA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz elétrica brasileira. ....	14
Figura 2 - Visão geral de um SEP. ....	17
Figura 3 - Transformador de potência monofásico (à esquerda) e trifásico (à direita). ....	18
Figura 4 - Representação de transformadores em diagramas unifilares. ....	20
Figura 5 - Representação do disjuntor em diagramas unifilares. ....	21
Figura 6 - Representação de chaves seccionadoras em diagramas unifilares. ....	21
Figura 7 - Pirâmide da automação. ....	22
Figura 8 - Interação entre os níveis de supervisão. ....	24
Figura 9 - Exemplo de IHM de botões e luzes. ....	25
Figura 10: Comparação do desempenho da operação utilizando telas de alta performance e telas tradicionais. ....	26
Figura 11 - Representação no padrão de IHM clássico, à esquerda, e de alta performance visual, à direita. ....	27
Figura 12 - Arquitetura de comunicação da SE-QXB. ....	30
Figura 13 - Diagrama unifilar SE Quixaba. ....	31
Figura 14 - Pontos dos <i>bays</i> de alimentação supervisionados pelo SCADA. ....	32
Figura 15 - Pontos do <i>bay</i> de transformação supervisionados pelo SCADA. ....	33
Figura 16 - Pontos do <i>bay</i> de linha supervisionados pelo SCADA. ....	33
Figura 17 - RMT dos aerogeradores. ....	34
Figura 18 - Modelador Elétrico vazio. ....	37
Figura 19 - Objetos <i>Power</i> disponíveis para modelagem de uma planta elétrica. ....	38
Figura 20 - Inserção e nomeação da SE-QXB. ....	38
Figura 21 - Objetos <i>Power</i> disponíveis para subestações. ....	38
Figura 22 - Modelagem elétrica da SE-QXB. ....	39
Figura 23 - Ícone “Diagrama de Sistema”. ....	39
Figura 24 - Objetos <i>power</i> turbina eólica e estação meteorológica. ....	40
Figura 25 - Parque Eólico Quixaba modelado. ....	40
Figura 26 - Sincronização do modelo. ....	41
Figura 27 - Objetos de dados sincronizados. ....	42
Figura 28 - <i>XControl</i> referente ao transformador. ....	44
Figura 29 - Disjuntores e seccionadoras abertos. ....	44
Figura 30 - Disjuntores e seccionadoras fechados. ....	44
Figura 31 - Disjuntores e seccionadoras sem comunicação. ....	45
Figura 32 - <i>XControl</i> de barras e linhas energizadas (acima) e não energizadas (abaixo). ....	45

Figura 33 - <i>XControl</i> do aerogerador.....	46
Figura 34 - <i>XControl</i> de informações analógicas. ....	46
Figura 35 - <i>XControl</i> de gráfico de rosca. ....	47
Figura 36 - Tela do unifilar geral ainda sem a configuração da comunicação. ....	48
Figura 37 - Inserção de banco de dados no <i>Elipse Power</i> . ....	49
Figura 38 - Selecionando a aba de propriedades do banco de dados. ....	50
Figura 39 - Configurando o banco de dados no <i>Elipse Power Studio</i> . ....	51
Figura 40 - Cores para cada severidade de alarme. ....	52
Figura 41 - Tela de alarmes. ....	52
Figura 42 - Tela de eventos.....	53
Figura 43 - Inserção de <i>driver</i> no <i>Elipse Power Studio</i> .....	54
Figura 44 - Indicação do caminho do arquivo “.dll” do <i>driver</i> . ....	54
Figura 45 - Configurador do <i>driver</i> . ....	55
Figura 46 - IPs dos relés cadastrados no <i>driver</i> IEC 61.850. ....	55
Figura 47 - Cadastro de IP e porta nos demais protocolos. ....	56
Figura 48 - Criando pastas no <i>driver</i> . ....	57
Figura 49 - Opção para adicionar tag de comunicação ao <i>IODriver</i> . ....	57
Figura 50 - Parametrização da <i>tag</i> no <i>driver</i> DNP 3.0. ....	57
Figura 51 - Parametrização da <i>tag</i> no <i>driver</i> IEC 61.850.....	58
Figura 52 - Associação da potência ativa do disjuntor 12M5 da estrutura à sua respectiva <i>tag</i> de comunicação. ....	59
Figura 53 - Opções de execução no <i>Studio</i> .....	59
Figura 54 - Funcionalidade <i>WatchWindow</i> no <i>Studio</i> . ....	60
Figura 55 - Pontos comunicando corretamente a partir da verificação pelo <i>WatchWindow</i> . ....	61
Figura 56 - Tela do unifilar geral em pleno funcionamento. ....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados da torre anemométrica que vão para o supervisor. ....	35
Tabela 2 – Definição das colunas N1, N2, N3 e N4.....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BD	Banco de dados
CLP	Controlador Lógico Programável
DNP	<i>Distributed Network Protocol</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IED	<i>Intelligent Eletronic Device</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
RMT	Rede de Média Tensão
SAS	Sistema de Automação de Subestação
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SE	Subestação
SEP	Sistema Elétrico de Potência
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UAC	Unidade de Aquisição e Controle
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTR	Unidade Terminal Remota

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1	Problemática e justificativa.....	14
1.2	Objetivos .....	15
1.2.1	Objetivo geral .....	15
1.2.2	Objetivos específicos .....	15
1.3	Estrutura do trabalho.....	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	Introdução.....	17
2.2	Sistema elétrico de potência .....	17
2.2.1	Subestação .....	18
2.2.1.1	Transformador de potência.....	18
2.2.1.2	Disjuntores.....	20
2.2.1.3	Chaves Seccionadoras.....	21
2.2.1.4	Barramentos Elétricos .....	21
2.3	Sistema SCADA .....	22
2.3.1	Hierarquia da Automação .....	22
2.3.2	Arquitetura de um SCADA.....	23
2.3.3	Evolução dos sistemas SCADA .....	24
2.3.3.1	Modernização dos equipamentos de proteção.....	24
2.3.3.2	Telas de alta performance visual .....	24
2.4	Protocolos de comunicação .....	27
2.4.1	DNP 3.0.....	27
2.4.2	IEC 61.850 .....	28
2.4.3	Modbus.....	28
2.5	Considerações finais.....	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>29</b>
3.1	Introdução.....	29
3.2	Arquitetura de comunicação.....	29
3.3	Subestação Quixaba.....	30
3.3.1	Diagrama unifilar.....	30
3.3.1.1	Bays de alimentação.....	31

3.3.1.2	Bay de transformação .....	32
3.3.1.3	Bay de linha .....	33
3.3.2	Parque Eólico Quixaba .....	33
3.3.2.1	RMT dos aerogeradores .....	34
3.3.2.2	Dados dos aerogeradores .....	34
3.3.2.3	Torre anemométrica.....	34
3.4	Softwares Utilizados.....	35
3.4.1	Elipse Power .....	35
3.4.2	SQL Express .....	35
3.5	Etapas de desenvolvimento de um SCADA .....	36
3.6	Considerações Finais .....	36
4	Sistema SCADA DA Subestação Quixaba .....	37
4.1	Modelo elétrico da planta eólica Quixaba.....	37
4.2	Desenvolvimento da Interface Homem Máquina (IHM) .....	42
4.2.1	Representação gráfica dos equipamentos da Subestação.....	43
4.2.1.1	Transformador de Potência.....	43
4.2.1.2	Disjuntores e seccionadoras .....	44
4.2.1.3	Barramentos e linhas de circuito .....	45
4.2.1.4	Aerogeradores .....	45
4.2.1.5	Informações analógicas .....	46
4.2.1.6	Gráfico de rosca .....	46
4.2.2	Tela do Unifilar geral da SE.....	47
4.2.3	Alarmes e Eventos.....	49
4.2.3.1	Conexão com o BD .....	49
4.2.3.2	Tela de alarmes .....	51
4.2.3.3	Tela de eventos.....	52
4.3	Configuração dos <i>drivers</i> .....	53
4.4	Inserção da base de dados no SCADA .....	56
4.4.1	Adição de tags nos drivers.....	56
4.4.2	Associação das tags à estrutura Power .....	58
4.5	Validação do SCADA.....	59
5	CONCLUSÕES .....	63
5.1	Trabalhos futuros .....	63
	REFERÊNCIAS .....	64

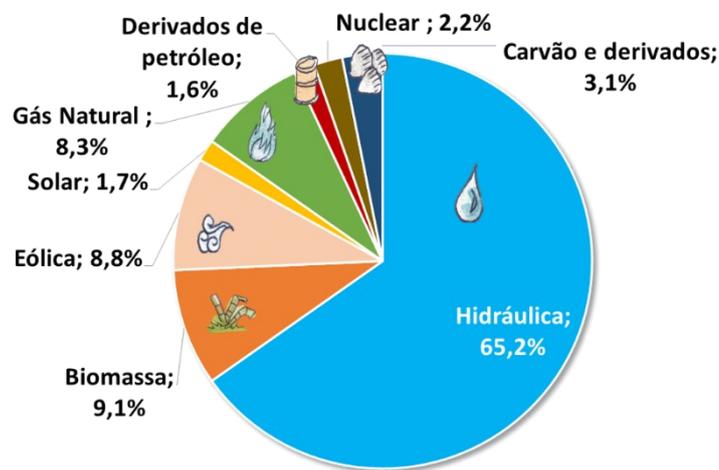
<b>APÊNDICE A – Dados do <i>bay</i> de alimentação 1 supervisionados pelo SCADA .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE B – Dados do <i>bay</i> de transformação supervisionados pelo SCADA.....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE C – Dados do <i>bay</i> de linha supervisionados pelo SCADA.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE D – Dados dos aerogeradores supervisionados pelo SCADA .....</b>	<b>73</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Problemática e justificativa

A necessidade de diversificação da matriz energética brasileira chegou ao seu ápice durante o início da terceira década dos anos 2000, quando a ANEEL aprovou a vigência da bandeira tarifária “escassez hídrica”, após alegar déficit nas contas do governo devido à baixa produtividade das hidrelétricas, que compõem mais de 60 % da matriz elétrica brasileira, assim como apresentado na Figura 1 (MOURA, 2022):

Figura 1 - Matriz elétrica brasileira.



Fonte: EPE (2021, s.p).

Devido a essa problemática, o número de investimentos em outras fontes de energia cresceu exponencialmente. A opção de se investir em geração eólica acabou ser tornando uma das mais interessantes por ser uma energia limpa, com baixo nível de emissão de gases de efeito estufa, além dos níveis favoráveis de radiação solar e de ventos com velocidade satisfatória para a geração de eletricidade (MOURA, 2022).

A busca pela melhor performance da geração tornou urgente a necessidade de tecnologias que aumentassem a produtividade dessas plantas eólicas. Portanto, para os que operam uma subestação, fez-se mister a utilização de um sistema supervisorio que pudesse apresentar dados relevantes para a equipe de operadores. A inserção desses supervisorios trouxe vantagens para a operação, algumas delas são:

- a) A continuidade do serviço pode ser prolongada, visto que falhas e defeitos passaram a ser previstos por meio da análise dos dados coletados pelo SCADA;
- b) Aumento da segurança dos operadores da subestação;

- c) Redução de gastos com operadores de subestação, devido ao conceito de subestação desassistida;
- d) Modernização da planta, tornando o ativo ainda mais valioso (PEREIRA et al., 2007).

Durante esse período de inserção da solução SCADA no cotidiano da operação de subestações pode-se perceber certo amadurecimento na concepção dos supervisórios, porém nos sistemas supervisórios tradicionais, as interfaces gráficas careciam de melhoras, pois exigiam um grande esforço para o aprendizado da sua operação devido à grande utilização de imagens em perspectiva tridimensional e enorme quantidade de informação apresentada nas telas, tornando cada vez mais difícil a identificação de problemas e fazendo necessário que o operador tivesse o conhecimento detalhado de cada parte da planta para ter uma operação satisfatória (ALVES; FAESARELLA, 2020).

Foi com o objetivo de suprir tal demanda que profissionais da área de *design*, a partir de estudos envolvendo o próprio *design*, psicologia e ciências da cognição humana, chegaram à criação da metodologia para desenvolvimento de IHM de alta performance (GOETZ, 2019).

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo geral***

O objetivo deste trabalho consiste em apresentar o processo de desenvolvimento de um SCADA baseando-se no padrão de IHM *High Performance* para a subestação coletora de geração eólica Quixaba, passando pelo processo de modelagem elétrica, criação das interfaces gráficas, configuração de *drivers*, inserção da base de dados no supervisório e validação do sistema.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

Entre os objetivos específicos desse trabalho estão:

- e) Utilizar o *software Elipse Power* para desenvolvimento do sistema supervisório da subestação coletora Quixaba;
- f) Fazer uso dos protocolos de comunicação DNP 3.0 e IEC 61.850 para realizar a comunicação entre o servidor Elipse e os relés de proteção;

- g) Empregar o protocolo de comunicação *Modbus* para aquisitar as *tags* de comunicação dos aerogeradores;
- h) Desenvolver telas de alta performance visual regulamentadas pela ISA-TR101.02-2019.

### 1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido da seguinte forma:

O Capítulo 2 elabora uma fundamentação teórica utilizada para este trabalho, sendo abordados: o conceito de SEP e alguns de seus equipamentos; o Sistema SCADA e suas características; metodologia de IHMs de alta performance; e os protocolos de comunicação utilizados no presente estudo.

O Capítulo 3 apresenta a Metodologia aplicada no estudo de caso do trabalho, abordando: as etapas para desenvolvimento de um SCADA; os *softwares* utilizados no sistema SCADA da planta eólica a ser supervisionada; a arquitetura de comunicação utilizada para a aquisição dos dados envolvidos no sistema; a Subestação Quixaba e suas especificações relevantes para o supervisor.

O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento do sistema SCADA da subestação Quixaba, dividindo-o em cinco partes: a modelagem elétrica do unifilar elétrico; o desenvolvimento das telas do supervisor; a configuração dos *drivers* de comunicação; a inserção da base de dados selecionada no *software* SCADA; a validação do sistema supervisor desenvolvido.

O Capítulo 5 traz conclusões acerca do trabalho desenvolvido, fazendo uma análise do desempenho do *Eclipse Power* como *software* SCADA e avaliando as vantagens operacionais promovidas pelo uso da solução apresentada no estudo. Por fim, é feita uma apresentação de futuros trabalhos que podem ser explorados a partir do desenvolvimento presente neste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Introdução

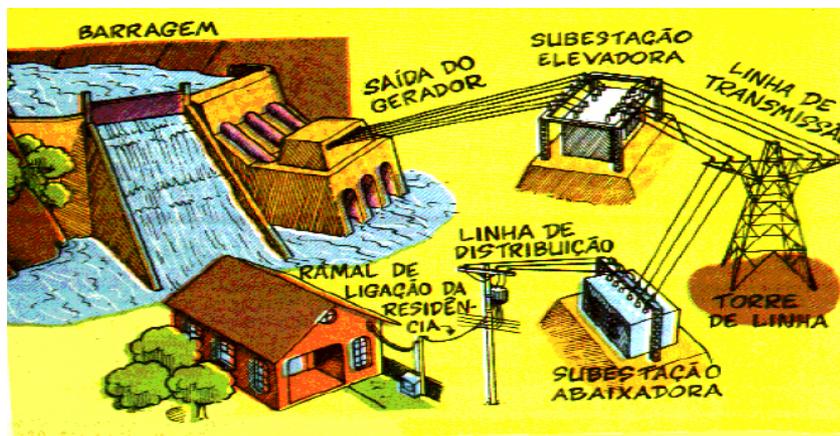
Este capítulo apresenta conceitos fundamentais para o entendimento do desenvolvimento deste trabalho, tais como: Sistema Elétrico de Potência (SEP) e seus componentes; Sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (SCADA); e conceitos gerais dos protocolos de comunicação DNP 3.0, IEC 61.850 e *Modbus*.

### 2.2 Sistema elétrico de potência

O SEP é o conjunto de equipamentos e instalações destinadas à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (ORMOND et al., 2007). Outra definição possível é a de que SEP são plantas de grande porte constituídas por usinas geradoras, linhas de transmissão e sistema de distribuição (ZANETTA JÚNIOR., 2005).

A Figura 2 mostra uma representação da visão geral de um SEP típico, composto de geração, transmissão e distribuição de energia.

Figura 2 - Visão geral de um SEP.



Fonte: SENAI-SP (2007, p.12)

A geração pode ser proveniente de uma usina hidrelétrica, nuclear, termoeétrica, solar ou eólica, por exemplo. Já a transmissão consiste no encaminhamento da energia gerada até as subestações. O processo de distribuição diz respeito a parte do sistema que vai de encontro aos consumidores (urbanos, rurais ou industriais), por meio dele que a eletricidade gerada é então distribuída, permitindo o uso da energia elétrica para cumprir as tarefas cotidianas (CREDER, 2016).

O estudo apresentado neste trabalho pauta-se no setor de geração, pois a planta analisada consiste em um parque eólico composto por aerogeradores e uma subestação coletora, responsável por coletar a energia elétrica gerada, elevar o nível de tensão e transportá-la para outra subestação.

### **2.2.1 Subestação**

Uma subestação compreende a parte do SEP que fica nas extremidades entre linhas de transmissão, ou de distribuição, e os dispositivos de manobra, controle e proteção. Pode possuir equipamentos diversos, dentre eles os transformadores, disjuntores, seccionadoras, barramentos e outros equipamentos (ONS, 2009).

#### *2.2.1.1 Transformador de potência*

O transformador de potência é fundamental para o sistema elétrico, tendo como principal função converter diferentes níveis de tensão entre a fonte, ligada ao enrolamento primário e a carga alimentada, conectada ao enrolamento secundário. Os transformadores podem ser trifásicos ou monofásicos (Figura 3), dependendo das necessidades específicas de cada instalação (BECHARA, 2010).

Figura 3 - Transformador de potência monofásico (à esquerda) e trifásico (à direita).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em usinas geradoras faz-se o uso de grandes transformadores elevadores, os quais são responsáveis por elevar a tensão de saída dos geradores e assim, conseguir um transporte eficiente de energia através de longas distâncias. Então, transformadores abaixadores

convertem a energia para tensão de subtransmissão ou de distribuição, para posterior transporte ou consumo. Transformadores de distribuição são utilizados nas linhas de distribuição para, finalmente, reduzir a tensão de distribuição em níveis adequados para consumo residencial, comercial e industrial (BECHARA, 2010).

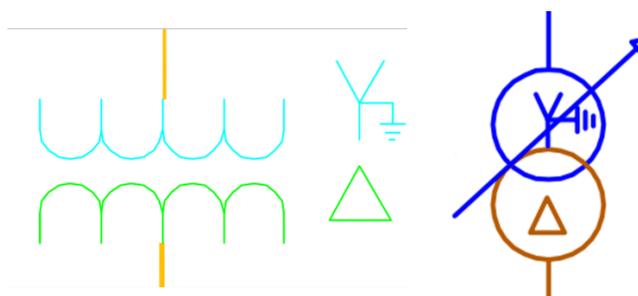
Dentre os principais componentes de um transformador de potência pode-se citar (VALENZUELA, 2009):

- a) Núcleo de circuito magnético;
- b) Enrolamentos;
- c) Buchas
- d) Tanque principal e tanque de expansão de óleo;
- e) Comutador sob carga ou comutador de TAP;
- f) Trocadores de calor (ventiladores);
- g) Proteções intrínsecas (relé de gás, válvula de alívio de pressão, relés de térmicos para monitoramento da temperatura do óleo e do enrolamento, relé de nível óleo, relé regulador de tensão do comutador de derivação sob carga).

Devido à sua grande importância para o sistema, os transformadores geralmente são os equipamentos que possuem mais pontos analógicos e digitais de supervisão, proteção e controle integrados aos sistemas SCADA, variando esse número de acordo com o projeto e porte do transformador. Os pontos mais comuns nos vãos de transformação especificados no projeto de um sistema de automação são: medição de corrente das correntes primárias e secundárias; medição das tensões de linha (fase-fase) e de fase-neutro; medição da potência aparente, ativa e de reativa; funções de proteção diferencial (87) do transformador; funções de sobrecorrente instantânea e temporizada de fase (50/51) e de neutro (50/51N) e função de sobrecorrente temporizada de terra (51G); temperatura do óleo (26) e dos enrolamentos (49); nível do óleo (71); posição do TAP; relés de gás/fluxo (63) e válvula de alívio de pressão do gás (63A) e estado da ventilação forçada (MARTINS, 2012).

Na Figura 4 são apresentados símbolos normalmente adotados para representar transformadores nos diagramas unifilares de subestações.

Figura 4 - Representação de transformadores em diagramas unifilares.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 2.2.1.2 Disjuntores

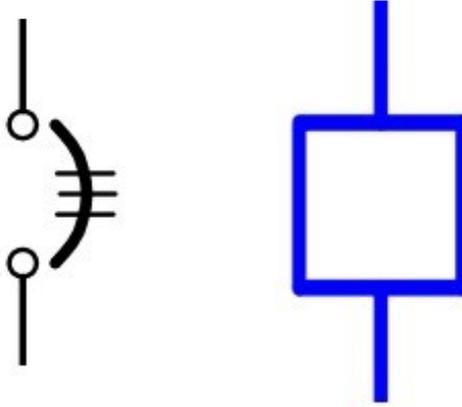
Os disjuntores são parte do sistema de proteção de subestações, são os responsáveis pelas manobras do sistema, realizando a interrupção da circulação de corrente em uma linha, transformador, barramento, ou outro equipamento, durante a ocorrência de alguma anormalidade no sistema ou durante situações normais de operação. Esse mecanismo do disjuntor é feito por intermédio do movimento mecânico de contatos elétricos, que são separados dentro de uma câmara, provocando a formação de um arco elétrico que é imediatamente extinto devido ao fato dessa região ser altamente isolante. Pode-se ter como meio isolante o óleo, ar, vácuo ou o gás hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>). O movimento mecânico dos disjuntores é ocasionado por um complexo mecanismo de molas ou pistões, por serem de atuação muito rápida. Além disso, a abertura e o fechamento de um disjuntor podem ser comandados de maneira manual, ou seja, pelo próprio operador em campo, ou por meio de relés de proteção, remotamente (CREDER, 2016).

Segundo Valenzuela (2009, p.59) os pontos de supervisão dos disjuntores geralmente são:

- a) O estado do equipamento, se aberto ou fechado;
- b) A pressão do gás SF<sub>6</sub>, no caso de ser um disjuntor que se utilize SF<sub>6</sub>;
- c) O estado da mola que realiza as manobras do equipamento, se está carregada ou descarregada.

Na Figura 5 são apresentados símbolos utilizados para representar disjuntores em diagramas unifilares.

Figura 5 - Representação do disjuntor em diagramas unifilares.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 2.2.1.3 Chaves Seccionadoras

As chaves seccionadoras cumprem o papel de seccionar um circuito elétrico por meio da separação e isolamento dos seus polos. Chaves seccionadoras não protegem circuitos e não têm capacidade de interromper curto-circuito, entretanto tais equipamentos têm grande importância no seccionamento de trechos de forma visível para garantir uma manutenção segura. Como exemplo tem-se o uso de chaves seccionadoras a jusante e a montante de disjuntores, nos circuitos de *by-pass*, nos seccionamentos de barramentos e em diversos outros pontos do sistema elétrico. A sua supervisão, portanto, se limita ao monitoramento do estado do equipamento, ou seja, se a chave está aberta ou fechada (DOS REIS; DE SOUZA, 2018).

Na Figura 6 são mostrados símbolos adotados para representar chaves seccionadoras em diagramas unifilares de instalações elétricas.

Figura 6 - Representação de chaves seccionadoras em diagramas unifilares.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 2.2.1.4 Barramentos Elétricos

O barramento consiste no elemento condutor que permite a conexão de circuitos de entrada e saída de uma instalação. Em uma subestação o barramento é entendido com um conjunto de condutores destinados a permitir o transporte de altas correntes entre dois pontos ou proporcionar a distribuição das correntes provenientes de diversos alimentadores e múltiplas saídas, de forma a garantir a funcionalidade, estética, segurança e economia da instalação (FONSECA, 2009).

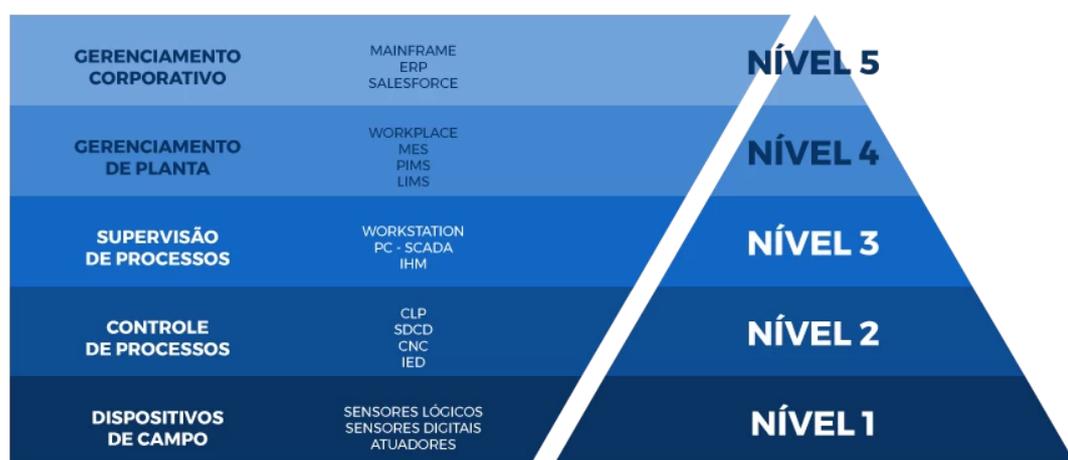
## 2.3 Sistema SCADA

No setor elétrico, os Sistemas de Supervisão Controle e Aquisição de Dados (*Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA*), são utilizados nos seguimentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, proporcionando a operação dos sistemas em tempo real a partir de diversos níveis hierárquicos. O sistema SCADA consiste em uma plataforma de *software* capaz de coletar e armazenar dados de um determinado processo, além de monitorá-los e controlá-los em tempo real (ZANGHI, 2019).

### 2.3.1 Hierarquia da Automação

Os sistemas de automação de quaisquer setores do mercado possuem uma estrutura composta de cinco níveis hierárquicos distintos com atribuições específicas. A Figura 7 apresenta um esquemático com a hierarquia de um sistema de automação (ASSUNÇÃO; DOS SANTOS, 2020).

Figura 7 - Pirâmide da automação.



Fonte: ALTUS (2022, s.p).

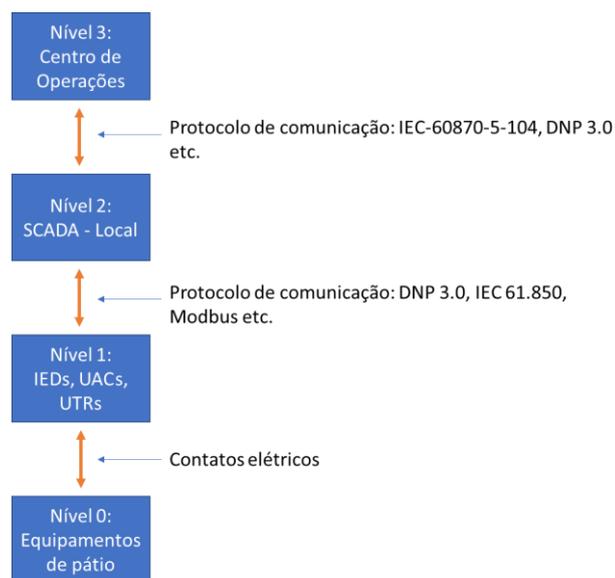
O primeiro nível é representado pelos dispositivos de campo, sendo estes: sensores digitais e analógico, atuadores, transmissores etc. Este nível também é conhecido como “chão de fábrica”, representando um nível de aquisição de dados e de controle manual. O nível 2 já conta com um nível elevado de inteligência, representando os equipamentos que realizam a proteção, controle e operação da planta. O nível 3 faz referência à supervisão dos processos, exatamente neste nível que se encontram os sistemas supervisórios, os quais se comunicam com os equipamentos de proteção e controle da planta para concentrar os dados da planta em uma plataforma única capaz de comandar e supervisionar os equipamentos de níveis hierárquicos inferiores. O nível 4 é referente ao processo de gerenciamento da planta, onde a equipe de engenharia realiza estudos de desempenho energético em busca da otimização da produção. O nível 5 é referente ao planejamento estratégico financeiro da empresa que administra os ativos supervisionados (ASSUNÇÃO; DOS SANTOS, 2020).

### ***2.3.2 Arquitetura de um SCADA***

O sistema de automação possui uma hierarquia de processos diferentes envolvendo diferentes equipamentos que obtêm dados uns dos outros. Dessa maneira, se faz necessário que haja uma arquitetura de comunicação que permita a transmissão dessas informações entre cada nível hierárquico.

A Figura 8 apresenta a arquitetura de rede de um sistema SCADA levando-se em conta os diferentes níveis de supervisão do sistema. Por meio dela percebe-se que no nível 0 a obtenção dos dados é feita por meio dos dispositivos de medição, conectados por meio de contatos elétricos, e enviados para os IEDs, que utilizam esses pontos para criar lógicas de controle por meio das interfaces de configuração dos próprios relés. Estes IEDs enviam alguns dos dados aquisitados para o servidor com o *software* supervisório, através de algum protocolo de comunicação. Dependendo do nível de supervisão da empresa, o servidor com o SCADA local pode distribuir os dados aquisitados dos IEDs via protocolo de comunicação para o centro de operações, que nesse caso seria um SCADA remoto, geralmente chamado de Centro de Operação do Sistema - COS (ZANGHI, 2019).

Figura 8 - Interação entre os níveis de supervisão.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 2.3.3 Evolução dos sistemas SCADA

Entender que os supervisórios atuais são frutos de uma longa trajetória de estudo e desenvolvimento tecnológico é um exercício importante de se fazer no processo de compreensão do conceito de SCADA.

#### 2.3.3.1 Modernização dos equipamentos de proteção

Os sistemas de supervisão antigos contavam com um sistema de rede de relés interligados conhecido como *Hardwired Relay Logic*, o qual era composto por um complexo sistema de fiação, ocupando bastante espaço e gerando alto consumo de energia. A partir do desenvolvimento da eletrônica e da entrada dos microprocessadores no mercado, na década de 60, deu-se início ao desenvolvimento e aplicação do CLP (Computador Lógico Programável). No setor elétrico, ao longo dos anos, os dispositivos de controle, proteção e medição eletromecânicos e de estados sólidos foram substituídos por dispositivos eletrônicos inteligentes, os IEDs (EEP, 2015).

#### 2.3.3.2 Telas de alta performance visual

Além do desenvolvimento dos equipamentos envolvidos na proteção, controle e aquisição de dados para o sistema, as normas internacionais foram estabelecendo novos

requisitos para as interfaces gráficas dos sistemas SCADA. No início da automação, os sistemas SCADA não existiam e a supervisão era feita a partir de um painel de controle repleto de botões e luzes utilizado pelos operadores para interagir com o sistema, conforme mostrado na Figura 9 (JÚNIOR, 2019).

Figura 9 - Exemplo de IHM de botões e luzes.



Fonte: JÚNIOR (2019, p. 9)

Com o aprimoramento dos *softwares* supervisórios tornou-se possível visualizar os dados em uma tela de computador, facilitando a operação e concentração das atividades em uma única plataforma. Entretanto, a realidade atual é que o padrão de telas utilizado nos sistemas SCADA tradicionais utilizam um elevado número de telas e monitores para que todo o sistema seja supervisionado. Além dessa problemática, o padrão de IHM clássico é composto por muitas imagens sob perspectiva tridimensional, uma quantidade exacerbada de informações mostradas na tela e o uso de cores extravagantes, gerando cansaço visual para os operadores do sistema (ALVES; FAESARELLA, 2020).

Diante dessa problemática, a norma ISA-101 (2019) estabeleceu um novo padrão de IHM que norteia o desenvolvimento de telas *High Performance*. Essa nova filosofia de desenvolvimento de IHM compreende (ISA-101, 2019):

- a) Indicar ao usuário apenas as informações relevantes para a operação;
- b) Utilizar cores neutras, com baixa luminosidade, permitindo conforto ao operador;
- c) Substituir indicadores de números analógicos por objetos gráficos que facilitem a percepção de anormalidades por parte dos operadores, como gráficos de rosca, barras de preenchimento proporcional, medidores com ponteiros etc.;

d) Hierarquia de telas enxutas e detalhadas, de forma a facilitar as atividades cotidianas dos usuários.

Como consequência dessa nova filosofia de telas, foi percebida uma melhora significativa na identificação de anormalidades na planta supervisionada. A utilização de telas de alta performance visual permitiu que os eventos anormais fossem percebidos em um intervalo de tempo 38% menor quando comparado ao padrão tradicional, como mostrado na Figura 10.

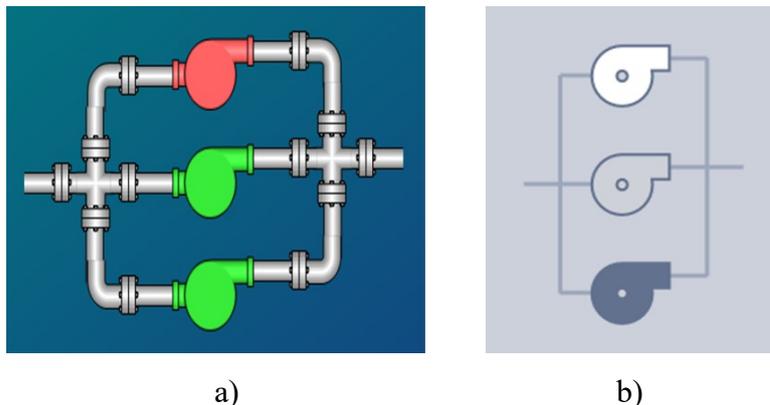
Figura 10: Comparação do desempenho da operação utilizando telas de alta performance e telas tradicionais.



Fonte: JÚNIOR (2019, p. 9)

Na Figura 11 é mostrada uma imagem comparativa na qual é possível ver a clara distinção entre os dois padrões de interfaces gráficas. Na Figura 11a, à esquerda é possível ver um padrão com cores bastante vivas e detalhes gráficos irrelevantes para a operação, enquanto na imagem apresentada na Figura 11b, à direita, é possível ver uma representação objetiva, sem muitos pixels decorativos e com um padrão de cores neutras (REISING; BULLEMER, 2009).

Figura 11 - Representação no padrão de IHM clássico, à esquerda, e de alta performance visual, à direita.



Fonte: GOETZ (2019, s.p).

## 2.4 Protocolos de comunicação

Todos os elementos envolvidos em um sistema SCADA precisam estar integrados ao supervisor. Esse processo de integração é feito através de protocolos de comunicação, que são responsáveis por viabilizar a comunicação e o transporte dos dados entre os níveis hierárquicos dos sistemas de automação.

Segundo Júnior (2019, p. 14), os principais protocolos de comunicação no setor elétrico são:

- a) DNP 3.0;
- b) IEC 61.850;
- c) *Modbus*;
- d) IEC 60870-5-101;
- e) IEC 60870-5-103;
- f) IEC 60870-5-104;
- g) ICCP.

### 2.4.1 DNP 3.0

O DNP 3.0 é um protocolo de comunicação que possui código aberto com duas classes de dispositivos definidos: as estações centrais (*Master*) e as estações escravas (*OutStation*). Dentre as arquiteturas possíveis a partir desse protocolo têm-se (ORTEGA et al., 2013):

- a) Ponto a ponto: uma estação central se comunicando com uma estação remota;

- b) Multiponto: a estação Master se comunica com várias estações escravas através de comunicação ponto a ponto. Cada estação escrava só responde no caso de o endereço de destino da mensagem corresponder ao seu endereço;
- c) Hierárquica: uma estação central que se comunica com uma estação escrava que é a estação central de outra estação escrava;
- d) Concentrador de dados: há manipulação de diferentes protocolos nos quais o DNP 3.0 pode estar na estação central ou na subestação central. Os dados concentrados provêm de vários IEDs e são transmitidos para a estação central.

A conexão a ser feita para se comunicar pelo protocolo DNP 3.0 é realizada por meio de um cabo serial ou *Ethernet* (ORTEGA et al., 2013).

#### **2.4.2 IEC 61.850**

A norma IEC 61.850 teve o início do seu desenvolvimento na década de 1990, envolvendo especialistas de diferentes países do mundo. O objetivo era estabelecer uma plataforma de automação de subestação capaz de permitir a comunicação interoperável entre dispositivos de diferentes fabricantes e sistemas automação de subestações de energia (SAMPAIO, 2017).

Diferentemente da maior parte dos protocolos de comunicação, um driver de comunicação da norma IEC 61.850 tem a capacidade de se comunicar com uma série de relés ao mesmo tempo. Além disso, essa norma utiliza programação orientada a objetos e possui uma estruturação de dados em diferentes agrupamentos funcionais, os quais são chamados de nós lógicos (GIROUX, 2012).

#### **2.4.3 Modbus**

O *Modbus* foi desenvolvido em 1979 pela *Modicon*, com o objetivo de comunicar dispositivos por meio da filosofia mestre-escravo (cliente-servidor). É um protocolo bastante utilizado em plantas industriais, possuindo diversos padrões de meio físico, tais como RS-232, RS-485 e *Ethernet* TCP/IP (MODBUS, 2022).

Os principais motivos que fazem os projetistas escolherem o *Modbus* TCP/IP são: a sua simplicidade, uma vez que de forma simplificada une as instruções *Modbus* e as une ao TCP/IP; o protocolo é aberto, livre de qualquer taxa de licenciamento; possui compatibilidade

com muito dispositivos e não necessita de nada além de uma placa *Ethernet* padrão para conversar com outro dispositivo (MODBUS, 2022).

## 2.5 Considerações finais

Este capítulo apresentou alguns dos equipamentos de em uma subestação e a especificação dos principais pontos analógicos e digitais associados a cada um deles. Ademais, tratou dos sistemas SCADA, abordando a hierarquia da automação e a arquitetura de comunicação de um supervísório. Somando-se a isso, foi feita uma análise das evoluções sofridas no sistema SCADA e como se chegou ao desenvolvimento da Metodologia de Desenvolvimento de IHMs de *High Performance*, fundamento para o desenvolvimento das telas da aplicação SCADA desenvolvida para o presente trabalho. Por fim, abordou-se três dos diversos protocolos de comunicação envolvidos no processo de aquisição de dados de uma subestação, sendo estes o *Modbus*, IEC 61.850 e DNP 3.0.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Introdução

Nesse capítulo é apresentado o *software* utilizado como sistema supervísório, o *Eclipse Power*, discorrendo-se acerca das suas propriedades e vantagens diante dos outros supervísórios. Em sequência é abordado *software SQL Express*, responsável pela estruturação e criação do banco de dados fornecidos pelo *Eclipse Power*. Além disso, é mostrada a arquitetura de comunicação utilizada no projeto e, ao fim, é feita uma apresentação da subestação Quixaba, fazendo-se uma exposição do seu diagrama unifilar e explanação acerca de suas especificações relevantes para o SCADA.

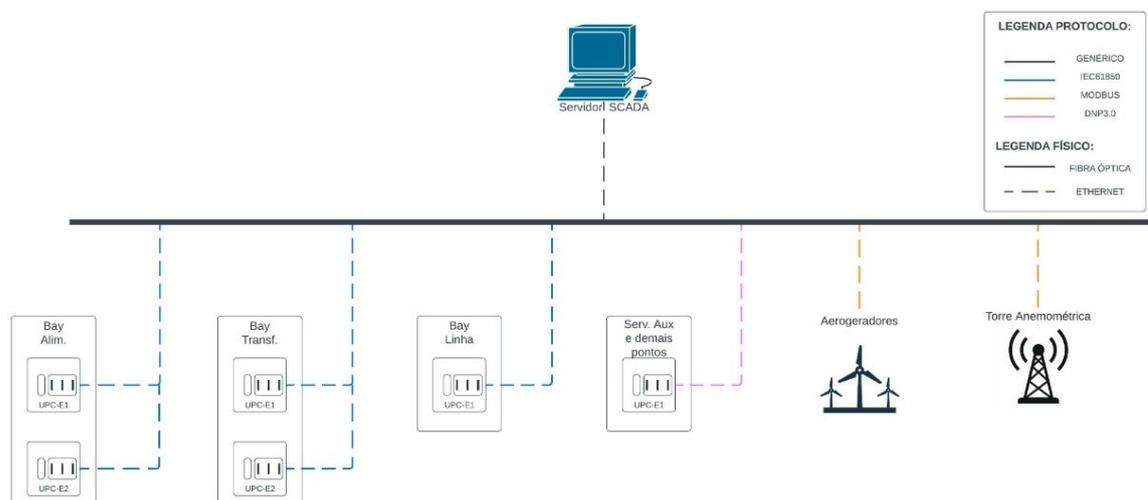
### 3.2 Arquitetura de comunicação

A comunicação com o SCADA se dá por meio de 3 protocolos diferentes. Para a comunicação com a subestação se utilizou os protocolos DNP 3.0 e IEC 61.850. O primeiro foi responsável por adquirir uma quantidade de 26 *tags* de comunicação, que se referem basicamente ao Serviço Auxiliar, comutador de derivação sob carga, temperaturas e outros pontos discretos que são apresentados no Tópico 3.3. O segundo protocolo entende-se como o principal em relação à subestação, nele há uma quantidade de 206 *tags*, contendo as *tags* de

proteção do sistema e de posição das seccionadoras e dos disjuntores. O protocolo *Modbus* foi responsável pela comunicação com a torre anemométrica e com os aerogeradores, totalizando 5 e 697 *tags*, respectivamente.

A Figura 12 apresenta um diagrama de arquitetura de rede simplificado da aplicação SCADA estudada, na qual é possível visualizar cada protocolo de comunicação utilizado e qual foi a camada física que fez a conexão entre os equipamentos de rede. Como dito anteriormente, cada vão da subestação possui diversos pontos aquisitados via IEC 61.850, apenas alguns pontos são aquisitados via DNP 3.0 e os pontos dos aerogeradores e da torre anemométrica são aquisitados por meio do *Modbus*.

Figura 12 - Arquitetura de comunicação da SE-QXB.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.3 Subestação Quixaba

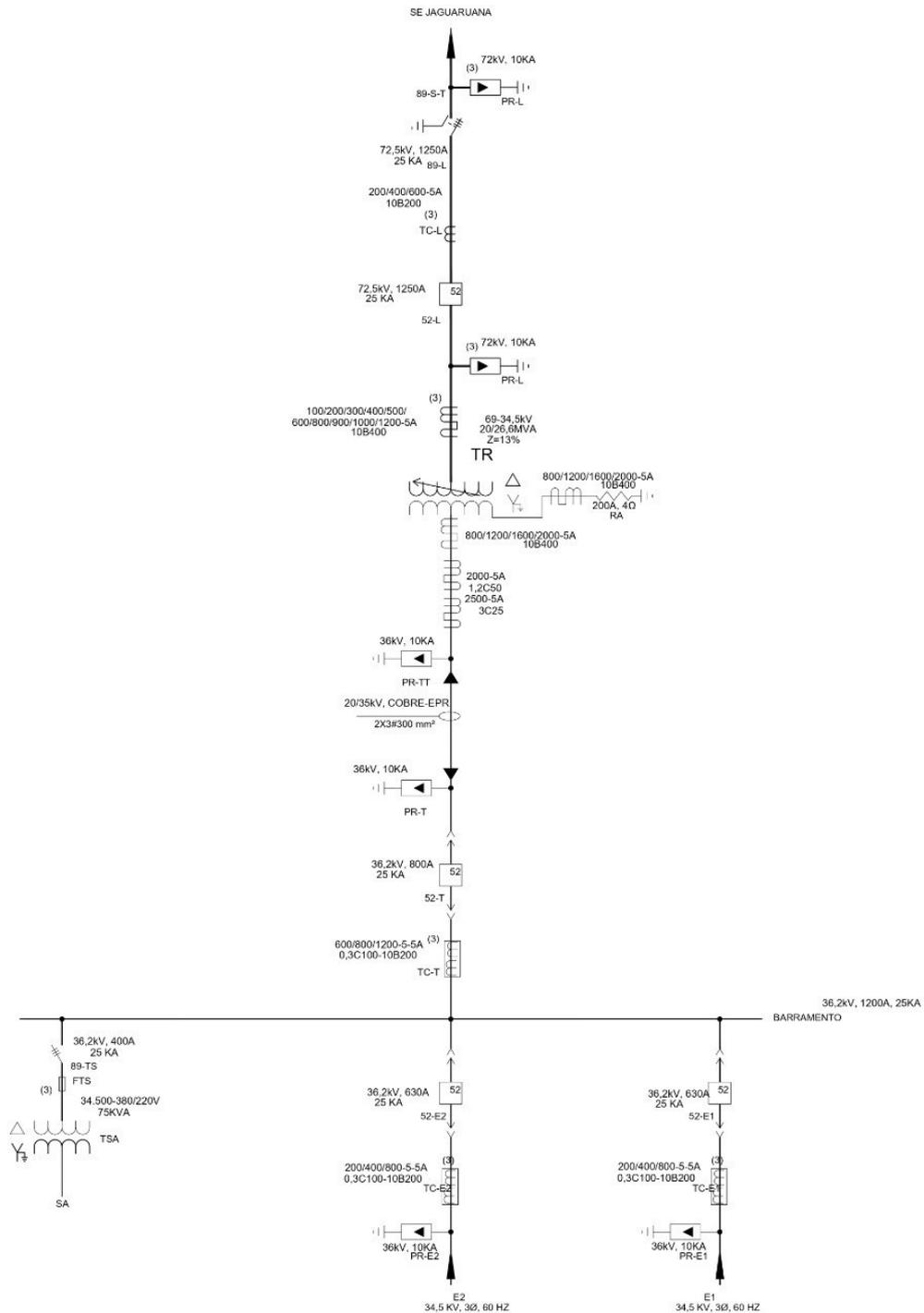
A SE Quixaba é alimentada por um único parque eólico chamado Quixaba, o qual conta com 17 aerogeradores, com potência nominal de 1,5 MW cada, totalizando uma potência nominal do complexo de 25, 5 MW (EMIS, 2022). O vão de transformação desta planta conta com um transformador que faz a elevação da tensão de 34, 5 kV para 69 kV, que é a tensão da linha de transmissão que vai para a SE Jaguaruana.

#### 3.3.1 Diagrama unifilar

A SE-QXB possui dois vãos de entrada de redes coletoras de 34,5 kV, um vão de transformação composto de um transformador de potência, 34,5-69 kV, 20/26,6 MVA, e o vão de saída da linha de 69 kV que interliga a SE coletora ao Ponto de Conexão localizado na

Subestação Jaguaruana pertencente a concessionária Enel Distribuidora de energia, conforme demonstrado na Figura 13.

Figura 13 - Diagrama unifilar SE Quixaba.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Cada um desses vãos conta com pontos de supervisão específicos relacionados ao seu respectivo papel no sistema. Tal especificação é feita nos subtópicos a seguir.

### 3.3.1.1 Bays de alimentação

A Figura 14 apresenta os pontos que aquisitados pelo SCADA diretamente da Unidade de Proteção e Controle (UPC) que supervisiona o vão de alimentação. Dentre esses pontos, são apresentadas as funções de proteção utilizadas e aos parâmetros analógicos levados em conta no supervisório. Uma apresentação desses pontos de maneira mais detalhada é feita no Apêndice A, em que se pode ver uma tabela com todos os pontos discretos, analógicos e comandos destes *bays*.

Figura 14 - Pontos dos *bays* de alimentação supervisionados pelo SCADA.

UPC-E1
50/51-67-
50/51N-67
27-59-59N
62BF
30
MEDIÇÕES *
OSCILO
SUPERVISÃO
COM./INTERT

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.3.1.2 Bay de transformação

Para o *bay* de transformação são dedicadas duas UPCs, uma para o transformador e suas proteções intrínsecas (UPC-TR) e outra para o disjuntor geral da barra de 34,5 kV (UPC-T). A Figura 15 apresenta um resumo dos pontos supervisionados pelo SCADA. Uma apresentação desses pontos de maneira mais detalhada é feita no Apêndice B, em que se pode ver uma tabela com todos os pontos discretos, analógicos e comandos do SCADA para o bay de transformação.

Figura 15 - Pontos do *bay* de transformação supervisionados pelo SCADA.

UPC-TR	UPC-T
87-46	50/51-46
50/51-50/51	50/51N
50/51-50/51	27-59-59N
51G	62BF
30	30
MEDIÇÕES	MEDIÇÕES *
OSCILO	OSCILO
SUPERVISÃO	SUPERVISÃO
COM. VENT.	COM./INTERT
MUD. DERIV.	

(a) (b)

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.3.1.3 Bay de linha

A Figura 16 apresenta um resumo dos pontos supervisionados pelo SCADA diretamente da UPC responsável por este *bay*. Uma apresentação desses pontos de maneira mais detalhada é feita no Apêndice C, em que se pode ver uma tabela com todos os pontos discretos, analógicos e comandos do SCADA para o *bay* de linha.

Figura 16 - Pontos do *bay* de linha supervisionados pelo SCADA.

UPC-L
50/51-50/51
46-32-81
27-59-59N
62BF
30
MEDIÇÕES
OSCILO
SUPERVISÃO
COM./INTERT

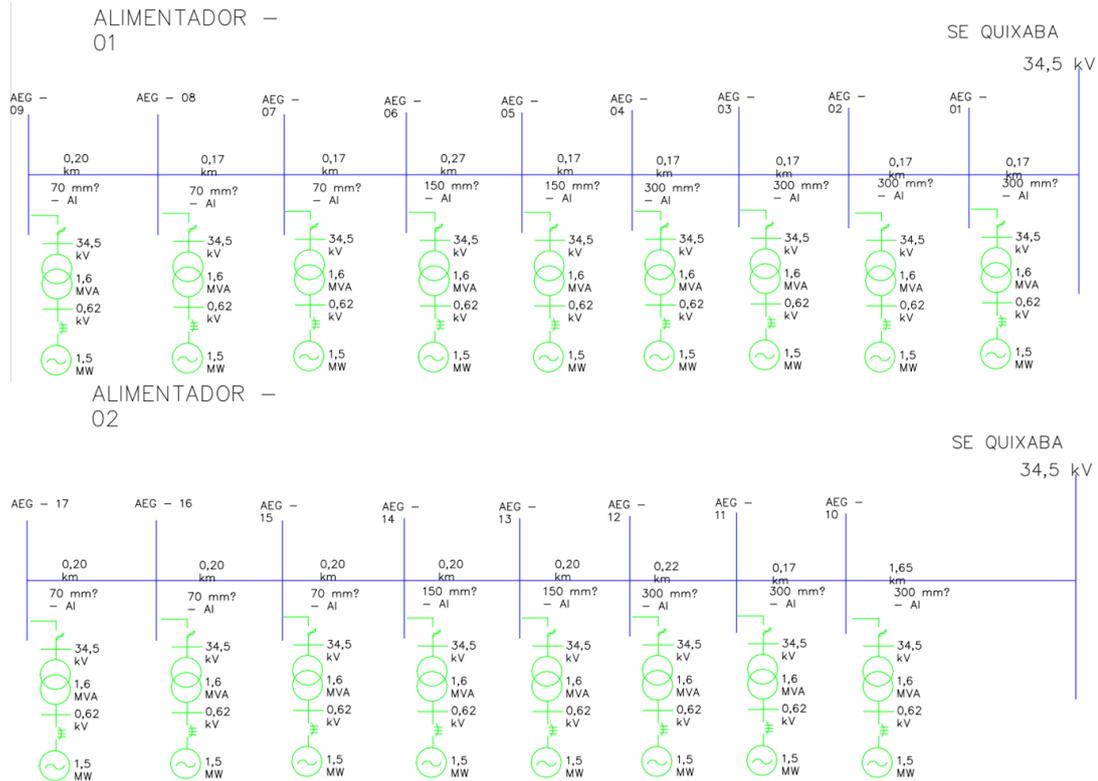
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.3.2 Parque Eólico Quixaba

### 3.3.2.1 RMT dos aerogeradores

O esquemático com o diagrama unifilar da rede de média tensão é apresentado na Figura 17, na qual é possível observar a interligação das subestações específicas de cada aerogerador à subestação coletora Quixaba.

Figura 17 - RMT dos aerogeradores.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.3.2.2 Dados dos aerogeradores

As turbinas eólicas dessa planta são da fabricante chinesa *Goldwind*, motivo pelo qual se optou pela comunicação via *Modbus* com os aerogeradores, pois esse é o protocolo padrão utilizado pela fabricante quando se objetiva adquirir dados dos aerogeradores.

A base de dados dos aerogeradores é transferida para o SCADA por meio da comunicação entre o servidor com *Elipse* e o servidor da *Goldwind*, o qual contém uma lista completa com todos os pontos possíveis de se supervisionar em cada turbina. Os dados selecionados, a partir de tal lista, para a aquisição do SCADA foram listados no Apêndice D.

### 3.3.2.3 Torre anemométrica

Este parque conta com apenas uma torre anemométrica responsável por coletar dados meteorológicos relevantes para a equipe de análise de performance, de operação e de manutenção. Os pontos que vão para o SCADA, via *Modbus*, são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados da torre anemométrica que vão para o supervisor.

Parque	Vão	Equipe	Nome	Descrição
QXB		EstacaoMeteorologica	VentoVel	Velocidade do vento
QXB		EstacaoMeteorologica	VentoDir	Direção do vento
QXB		EstacaoMeteorologica	ArPress	Pressão do ar
QXB		EstacaoMeteorologica	TempAmbiente	Temperatura ambiente
QXB		EstacaoMeteorologica	ArHumidRelativa	Umidade relativa do ar

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.4 Softwares Utilizados

#### 3.4.1 *Eclipse Power*

O *software* escolhido para o desenvolvimento desse estudo foi o *Eclipse Power*, pois possui uma plataforma única que concentra em si funcionalidades específicas para o desenvolvimento de aplicações para automação de subestações. Este *sistema* oferece a capacidade de se operar localmente e de se acessar remotamente o centro de controle, tendo assim uma funcionalidade de *gateway* de comunicação, que é de grande relevância para a arquitetura de comunicação utilizada neste trabalho (ELIPSE SOFTWARE, 2022a).

Além disso, este supervisor é vantajoso para a automação e gerenciamento de parques eólicos devido ao fato de se integrar a qualquer fabricante de aerogeradores e de IEDs utilizados nas subestações, ou seja, tal *software* possui compatibilidade com a maior parte dos *drivers* de comunicação envolvidos no projeto de subestações coletoras de geração eólica (ELIPSE SOFTWARE, 2022b).

Por fim, o *Eclipse Power* contempla um modelador elétrico que conta com um sistema padronizado de representação de aerogeradores no unifilar elétrico inserido na plataforma, aumentando a confiabilidade dos dados utilizados (ELIPSE SOFTWARE, 2022b).

#### 3.4.2 *SQL Express*

O *SQL Express* foi o sistema computacional de banco de dados escolhido para a aplicação feita neste trabalho, pois tem excelente desempenho, é estável e suporta BDs de

maior porte. Somando-se a isso, este *software* é gratuito, possuindo um limite de armazenamento de até 10 Gb de dados, o que é mais do que suficiente para suprir as necessidades da planta eólica que é objeto de estudo do trabalho desenvolvido (RIBEIRO, 2020).

### 3.5 Etapas de desenvolvimento de um SCADA

O processo de desenvolvimento do SCADA da subestação Quixaba se dá por meio de uma sequência de procedimentos, os quais estão diretamente atrelados ao *software* supervísório escolhido para o projeto, portanto tais etapas podem variar de acordo com o sistema computacional selecionado. No caso do *Eclipse Power*, as seguintes etapas são seguidas:

- a) Modelagem elétrica da planta eólica;
- b) Construção da IHM;
- c) Configuração dos drivers dos protocolos de comunicação para aquisição dos dados dos equipamentos a serem supervisionados pelo *Eclipse Power*;
- d) Criação da base dados no *software*;
- e) Avaliação, teste e validação do supervísório implementado.

### 3.6 Considerações Finais

Este capítulo tratou da metodologia adotada para o estudo de caso desenvolvido neste trabalho, fazendo uma abordagem da arquitetura de comunicação implementada para o sistema de automação desenvolvido. Além disso, tratou-se das especificações da SE-QXB, apresentando-se o diagrama unifilar da SE e da Rede de Média Tensão do parque eólico que vai para os seus circuitos alimentadores. Ademais, foram apresentados os *softwares* utilizados no desenvolvimento do sistema SCADA desse complexo: o *Eclipse Power* e o *SQL Express*. Por fim, foi feita a apresentação das etapas seguidas para o desenvolvimento do sistema SCADA.

## 4 SISTEMA SCADA DA SUBESTAÇÃO QUIXABA

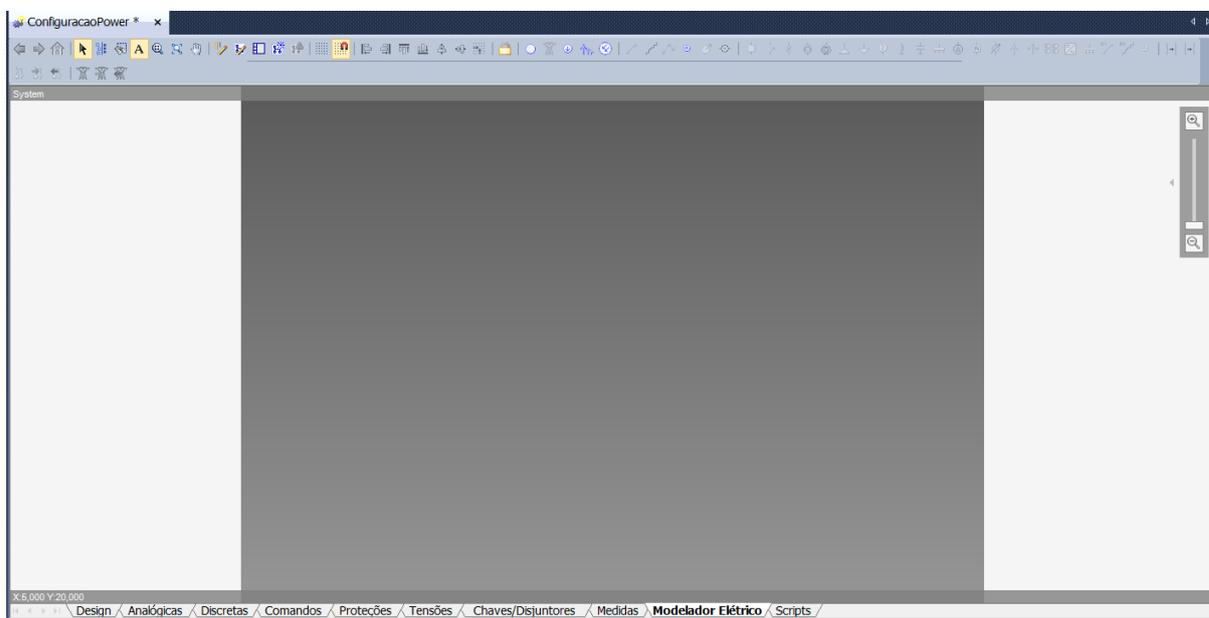
Neste capítulo é apresentado de forma detalhada todo o processo de desenvolvimento do sistema SCADA da subestação Quixaba (SE-QXB).

### 4.1 Modelo elétrico da planta eólica Quixaba

A primeira etapa para desenvolvimento do projeto do sistema SCADA da planta eólica Quixaba consiste na criação dos modelos elétricos da subestação coletora e do parque eólico no Modelador Elétrico. O Modelador Elétrico dispõe de uma biblioteca de símbolos de aerogeradores e equipamentos, os quais foram utilizados na implementação dos diagramas unifilar da planta eólica (ELIPSE SOFTWARE, 2022b).

A partir do diagrama unifilar da SE-QXB, pode se dar início ao desenvolvimento do modelo elétrico. Assim, abre-se o *Eclipse Power Studio*, e então segue-se o seguinte caminho no *Organizer*: Objetos de Servidor – Configuração – ConfiguracaoPower. Com um duplo clique no “ConfiguracaoPower”, ele será aberto. Após aberto, clica-se na aba “Modelador Elétrico” e então o CAD Elétrico do *Eclipse* mostra o ambiente de desenvolvimento do modelo elétrico vazio, conforme mostrado na Figura 18.

Figura 18 - Modelador Elétrico vazio.



Fonte: Elaborada pelo autor, (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

Conforme mostrado na Figura 19, entre os símbolos disponíveis na biblioteca do modelador elétrico para desenvolvimento de plantas elétrica no *Eclipse Studio* estão os objetos *power* para modelagem de Subestação (*PowerSubstation*), de Alimentador de distribuição de energia, Parque Eólico (*WindPowerPlant*) e Planta Fotovoltaica.

Para desenvolvimento do projeto do sistema SCADA da planta eólica Quixaba fez-se a modelagem da Subestação e do Parque Eólico.

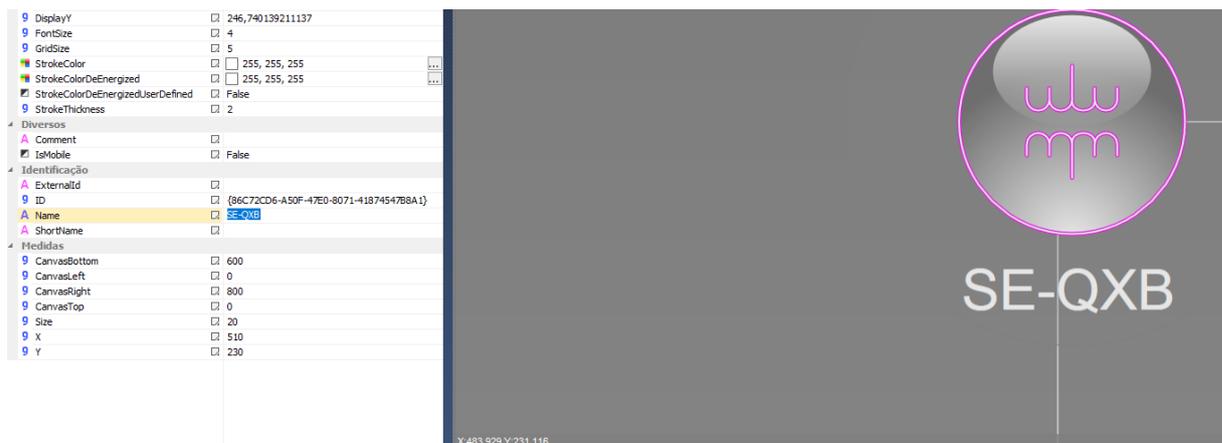
Figura 19 - Objetos *Power* disponíveis para modelagem de uma planta elétrica.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

Primeiramente é utilizado objeto referente à Subestação. Ao ser selecionado e fixado no modelo, clica-se no seu símbolo e coloca-se a sigla da Subestação “SE-QXB” na propriedade *Name*, que será apresentada no canto esquerdo da tela do *Eclipse Power Studio*, como apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Inserção e nomeação da SE-QXB.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

Após esse procedimento inicial, pode-se dar duplo clique no objeto *PowerSubstation* para acessar o ambiente para modelagem do diagrama unifilar da subestação. Na Figura 21 são mostrados os símbolos dos equipamentos disponíveis no modelador elétrico, dentre os quais estão: disjuntor; chave seccionadora; chave fusível; transformador de 2 e de 3 enrolamentos; carga; gerador; reator; capacitor; barramento; religador e regulador de tensão.

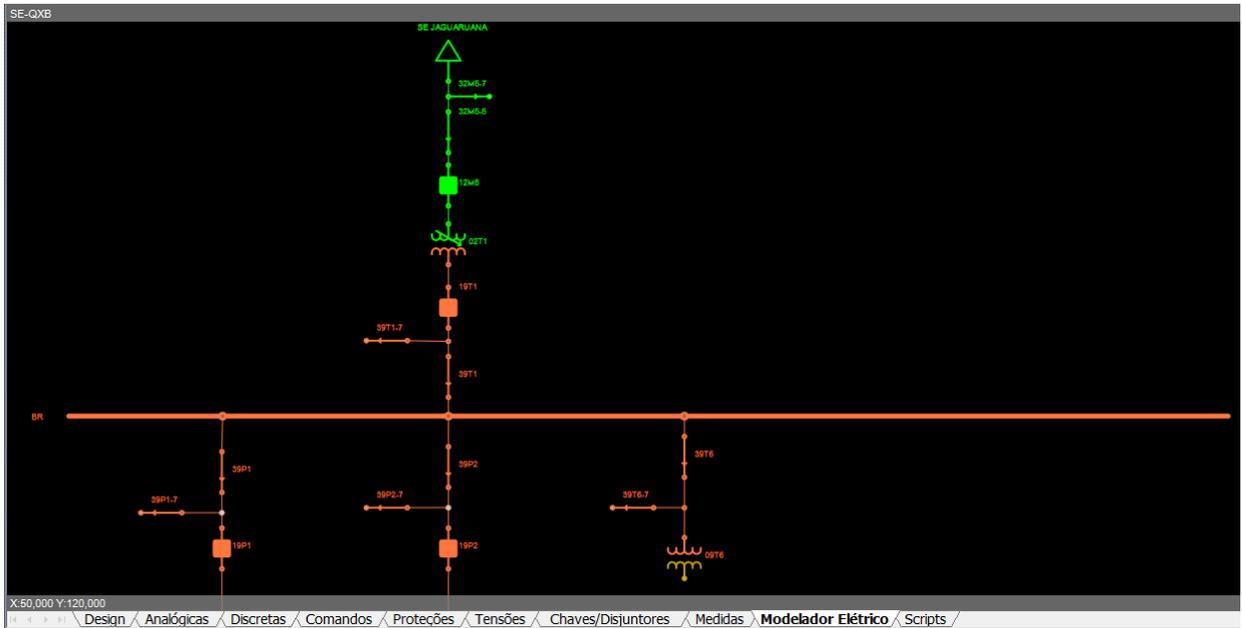
Figura 21 - Objetos *Power* disponíveis para subestações.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

Dessa forma, pode-se então dar prosseguimento à modelagem da subestação a partir do diagrama unifilar fornecido, chegando-se ao resultado, conforme mostrado na Figura 22.

Figura 22 - Modelagem elétrica da SE-QXB



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Elipse Power Studio”).

O Parque Eólico Quixaba agora torna-se o próximo item a ser modelado no CAD, a partir do diagrama da Rede de Média Tensão (RMT), também denominada rede coletora, dos aerogeradores. Clica-se no ícone “Diagrama de Sistema”, simbolizado por uma casa, como mostrado na Figura 23.

Figura 23 -  
Ícone  
“Diagrama  
de Sistema”.

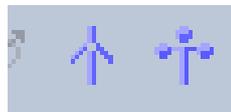


Fonte:  
Elaborada pelo  
autor (captura  
de tela do  
“Elipse Power  
Studio”).

Assim como foi adicionado o ícone *PowerSubstation* faz-se agora a seleção e fixação do ícone *WindPowerPlant* no modelador. A seguir, preenche-se a propriedade *Name* com o nome “QXB” para denominação do parque eólico, de forma análoga ao que foi feito

para o *PowerSubstation* da Figura 20. Após dar duplo clique no ícone *WindPowerPlant* tornam-se acessíveis os ícones dos seguintes equipamentos: disjuntor; chave seccionadora; chave fusível; transformadores de 2 enrolamentos; religador; turbina eólica e estações meteorológicas. Na Figura 24 são apresentados os símbolos da turbina eólica e da estação meteorológica, os quais são novos no *Elipse Power Studio*.

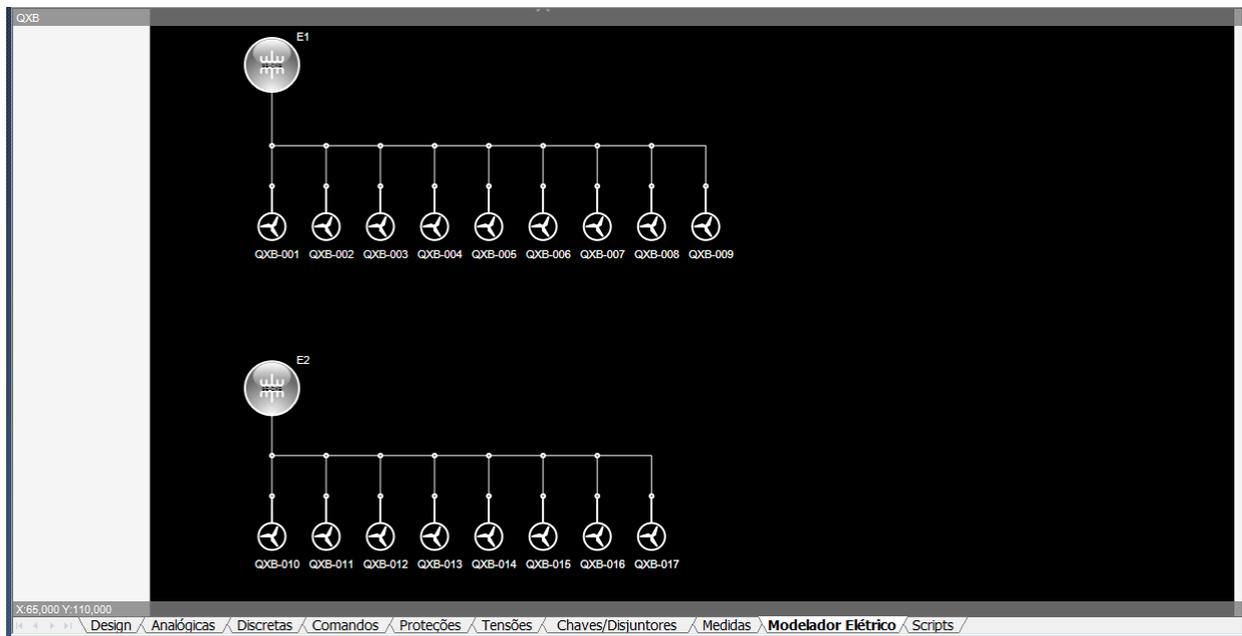
Figura 24 -  
Objetos *power*  
turbina eólica e  
estação  
meteorológica.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

Na Figura 25 é apresentado o modelo elétrico do Parque Eólico Quixaba (QXB).

Figura 25 - Parque Eólico Quixaba modelado.



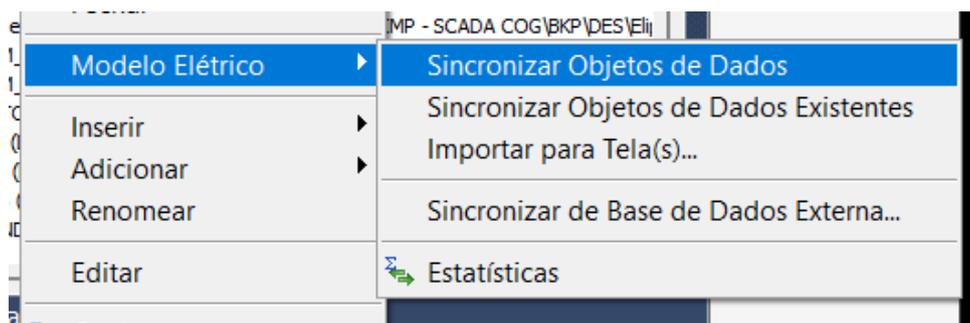
Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

A partir da conclusão da modelagem, é possível progredir para o segundo passo, que consiste na criação da interface gráfica da aplicação. Antes disso, é necessário um último passo, que é a sincronização do modelo elétrico com os objetos de dados do *Elipse Power*,

responsáveis por organizar os pontos supervisionados a partir de uma estrutura tipo árvore, composta por hierarquias de objetos.

Tal sincronização é feita a partir do clique com botão direito do *mouse* sobre o menu suspenso *ConfiguracaoPower* e então deve-se seguir o passo a passo mostrado na Figura 26.

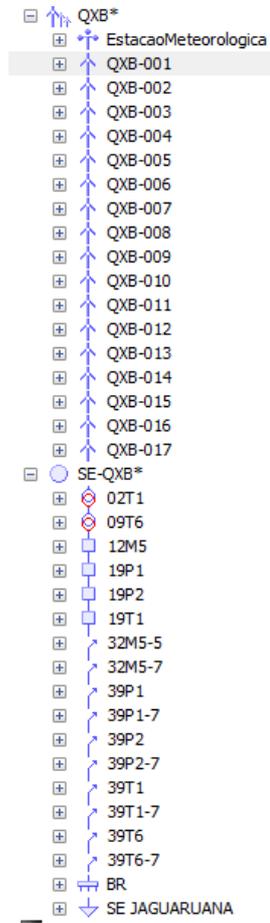
Figura 26 - Sincronização do modelo.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

Ao selecionar Sincronização Objeto de Dados no menu apresentado na Figura 26 os objetos de medidas *Power* são criados, conforme apresentado na Figura 27.

Figura 27 - Objetos de dados sincronizados.



Fonte: Elaborada pelo autor  
(captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

Após esse procedimento, inicia-se a criação das telas por meio do uso de objetos de dados utilizados para desenvolvimento e alteração dos objetos gráficos das telas. Esta etapa, ocorre antes mesmo da base dos dados do supervisório ser importado.

## 4.2 Desenvolvimento da Interface Homem Máquina (IHM)

Conforme descrito anteriormente, para desenvolvimento da IHM adotou-se a filosofia de IHMs de alta performance visual. Todas as padronizações aplicadas foram orientadas pelos requisitos estabelecidos na norma ISA-101 (2019), que tem por princípio evitar excesso de telas, objetos tridimensionais ou com muitos detalhes, e uso de cores extravagantes para elementos fixos e eventos normais.

Dessa maneira, a escolha do padrão de cores aplicadas no supervisório é norteada por um tema mais escuro, por proporcionar uma visualização mais amena da tela, evitando cansaços visuais.

Ademais, a modelagem dos objetos e as suas animações foram pensadas de maneira a dar maior destaque às anormalidades que venham a ocorrer no sistema, facilitando a percepção desses eventos, o que é vantajoso para a operação. Uma vez que há uma otimização dos objetos gráficos, tem-se como consequência uma diminuição no número de telas da aplicação, trazendo mais objetividade e facilidade na navegação da IHM.

#### **4.2.1 Representação gráfica dos equipamentos da Subestação**

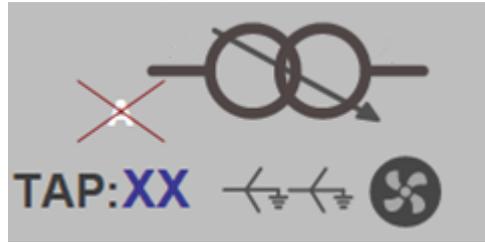
O *Elipse Power* possui a funcionalidade de criar bibliotecas de objetos de tela, o que facilita o processo de desenvolvimento de IHMs, uma vez que a replicação de um único objeto criado poupa tempo e proporciona a uniformização das telas criadas. O nome dado para essa classe de bibliotecas é *XControl* (ELIPSE KNOWLEDGEBASE, 2022).

Foi desenvolvida uma biblioteca de objetos gráficos utilizados para representar os equipamentos existentes na subestação. Cada objeto dessa biblioteca é associado a uma medida da base de dados que corresponde ao equipamento representado pelo desenho de tela, sendo a variação do valor dessa *tag* de comunicação o que vai determinar a animação do objeto de tela, desde uma mudança de valor de um número analógico até a mudança de cor de um objeto de aerogerador de acordo com o seu estado atual. Um exemplo disso é o objeto que representa uma chave seccionadora, ele tem uma associação com a *tag* que indica a posição do equipamento, quando aberto ele será animado de maneira a indicar o seu estado aberto e quando fechado ele possui uma representação para indicar seu fechamento.

##### **4.2.1.1 Transformador de Potência**

O principal equipamento de uma subestação é o transformador de potência, dessa maneira, faz-se necessário o desenvolvimento de um conjunto de *pixels* bastante objetivo e com informações realmente relevantes para a operação e manutenção adequada deste equipamento. O objeto utilizado para representar o transformador indica: o estado da comunicação do equipamento com seus relés; o estado da ventilação forçada; o tipo de conexão dos seus enrolamentos; a indicação se o controle do equipamento está no modo automático ou manual; e a representação do valor de TAP atual, conforme mostrado na Figura 28.

Figura 28 - *XControl* referente ao transformador.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

#### 4.2.1.2 Disjuntores e seccionadoras

Quanto aos disjuntores e às seccionadoras, optou-se por representá-los de maneira simplificada, propriedades se limitam a indicação dos seus estados e do estado da sua comunicação com os relés.

A representação do equipamento aberto é ilustrada pelo contorno do seu símbolo, no caso do disjuntor, e pela linha com angulação em 90°, indicando seccionamento da linha, no caso das chaves seccionadoras, conforme mostrado na Figura 29.

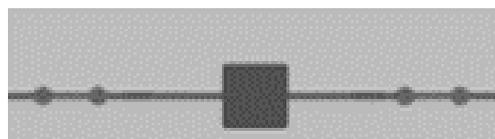
Figura 29 - Disjuntores e seccionadoras abertos.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

A representação do equipamento fechado é ilustrada com suas formas preenchidas, no caso do disjuntor e com uma linha dando aspecto de continuidade no fluxo de potência, no caso de chaves seccionadoras, assim como apresentado na Figura 30.

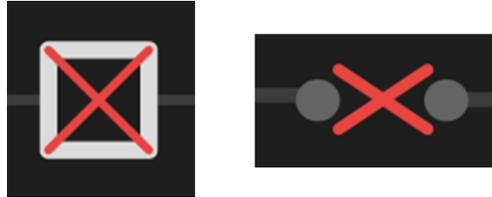
Figura 30 - Disjuntores e seccionadoras fechados.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

A indicação da falta de comunicação com o supervisor é representada pela adição de um “X” vermelho no centro do símbolo do equipamento, como é visto na Figura 31.

Figura 31 - Disjuntores e seccionadoras sem comunicação.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Studio”).

Quando este objeto de tela representa um equipamento não supervisionado pelo SCADA, mas tem sua representação em tela, ele tem suas bordas preenchidas com a cor azul.

#### 4.2.1.3 Barramentos e linhas de circuito

Os objetos de tela das linhas do circuito e dos barramentos cumprem a função de mostrar o fluxo de potência do sistema, portanto suas únicas animações são as de indicar se há fluxo de corrente passando, ou não, assim como está sendo mostrado na Figura 32.

Figura 32 - XControl de barras e linhas energizadas (acima) e não energizadas (abaixo).



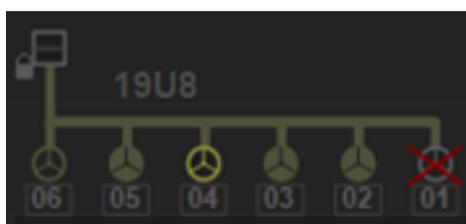
Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Studio”).

#### 4.2.1.4 Aerogeradores

Os objetos dos aerogeradores foram desenvolvidos para consumirem poucos *pixels*, mas sem omitir nenhuma informação relevante para o operador. Foram adotados 4

estados possíveis: Aguardando vento, Gerando, Falha de Comunicação e Indisponível. Para cada um desses estados tem-se uma representação diferente em tela. A Figura 33 mostra as animações correspondentes a cada estado, na qual se pode ver que: os aerogeradores 2, 3 e 5 estão gerando; o aerogerador 1 está sem comunicação; o 4 está indisponível; e o 6 está aguardando vento. Além disso, esses objetos possuem um gráfico de barras logo abaixo deles que indica a proporção entre a potência gerada e a potência nominal do equipamento, que será mais bem apresentado em figuras seguintes.

Figura 33 - *XControl* do aerogerador.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Viewer*”).

#### 4.2.1.5 Informações analógicas

Existem informações analógicas que precisam ser expostas em tela a todo momento, portanto foi necessário desenvolver um objeto para indicar o valor analógico de uma medida, conforme exemplo mostrado na Figura 34. Além de mostrar o valor da *tag* associada, este objeto também indica quando houver falha de comunicação. A falha de comunicação é representada por 3 interrogações em amarelo.

Figura 34 - *XControl* de informações analógicas.



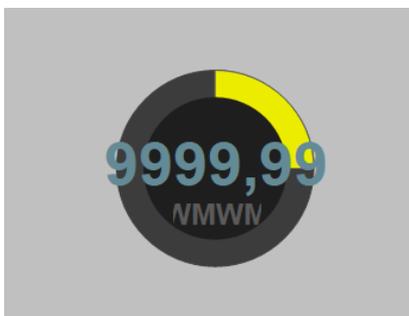
Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

#### 4.2.1.6 Gráfico de rosca

Visando fornecer ao operador uma noção do desempenho da geração eólica local, optou-se pela criação de um gráfico tipo rosca interativo para indicar a potência ativa gerada

em tempo real, com preenchimento proporcional à potência nominal de cada um dos equipamentos a que as medidas se referirem, conforme apresentado na Figura 35.

Figura 35 - *XControl* de gráfico de rosca.



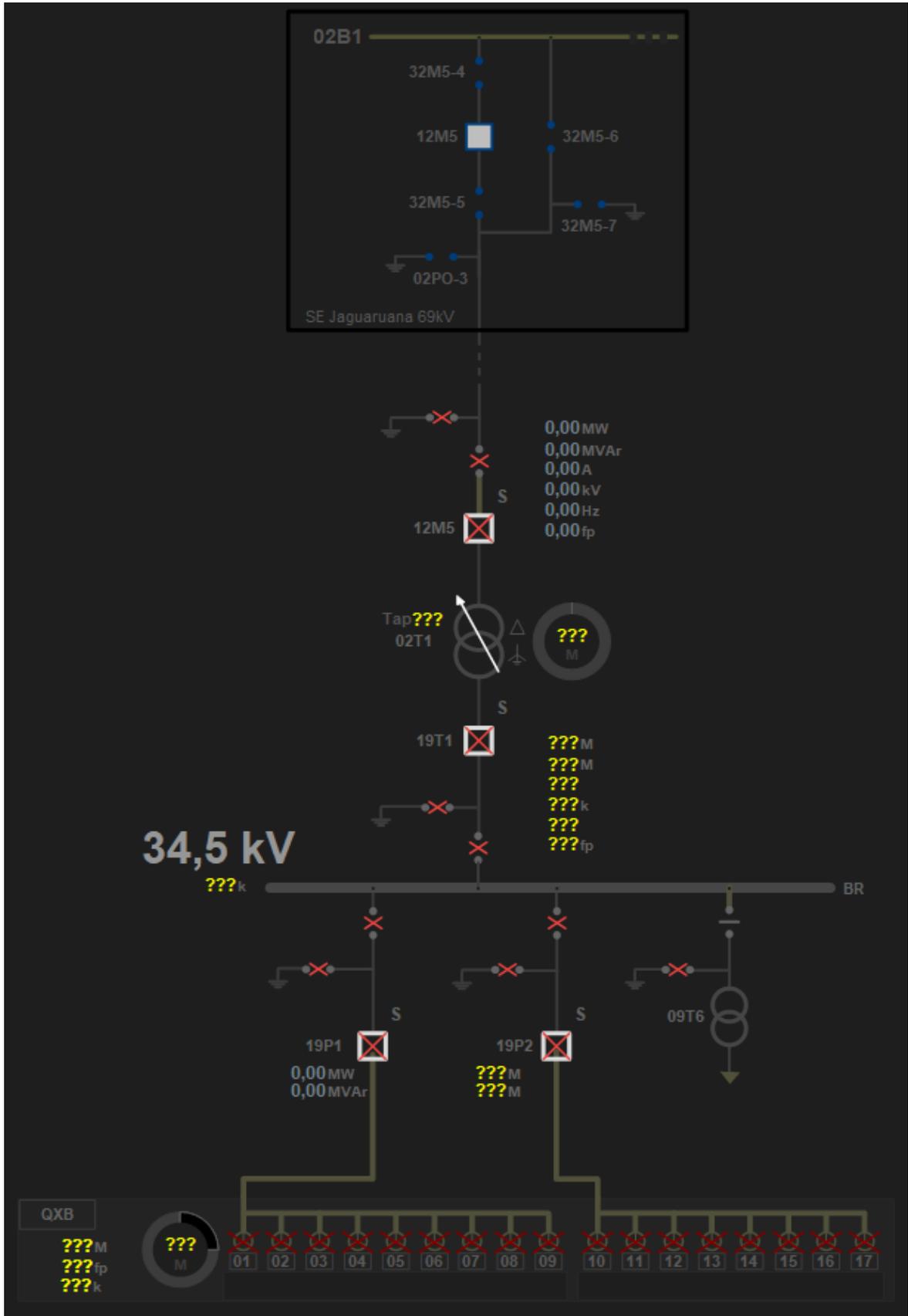
Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

#### 4.2.2 Tela do Unifilar geral da SE

Após criar os objetos gráficos dispostos acima, construiu-se a tela do unifilar geral da planta, indicando seus respectivos equipamentos em uma interface gráfica, a partir do pressuposto da metodologia de desenvolvimento de IHMs de alta performance visual.

Na Figura 366 é apresentada a tela do unifilar geral da planta eólica, no qual pode-se perceber que a organização da tela é vertical, tendo os níveis de tensão mais baixos na parte inferior da tela, representado pelo barramento de 34,5 kV, ao qual se conectam os dois vãos de alimentadores oriundos do Parque Eólico Quixaba e o circuito do Serviço Auxiliar da subestação. Além disso, a tela apresenta o Ponto de Conexão no barramento de 69 kV da SE Jaguaruana pertencente a Concessionária Distribuidora de Energia Enel, entretanto a base de dados inserida no SCADA não contempla pontos de supervisão deste *bay* de conexão, sendo então representado em tela com bordas em azul.

Figura 36 - Tela do unifilar geral ainda sem a configuração da comunicação.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Elipse Power Studio”).

Como toda a parte de comunicação ainda não foi configurada, os objetos da tela geral expostos na Figura 366 estão indicando falha de comunicação representada por meio dos *XControls* de chaves seccionadoras e de disjuntores com um “X” sobrescrito e os *XControls* de informações analógicas com 3 interrogações em amarelo.

### 4.2.3 Alarmes e Eventos

#### 4.2.3.1 Conexão com o BD

O desenvolvimento das telas de alarmes e de eventos requer a conexão com o banco de dados, pois é a partir dele que o *Eclipse Power* poderá realizar consultas e adicionar filtros para selecionar o histórico de alarmes e de eventos que ocorreram na SE.

Para realizar essa conexão entre os dois *softwares* o *Eclipse Power Studio* possui uma seção chamada “Banco de dados” no *Organizer*. Sabendo-se disso, clica-se com o botão direito do *mouse* sobre esta seção e cria-se o banco de dados no arquivo desejado, assim como mostrado na Figura 377.

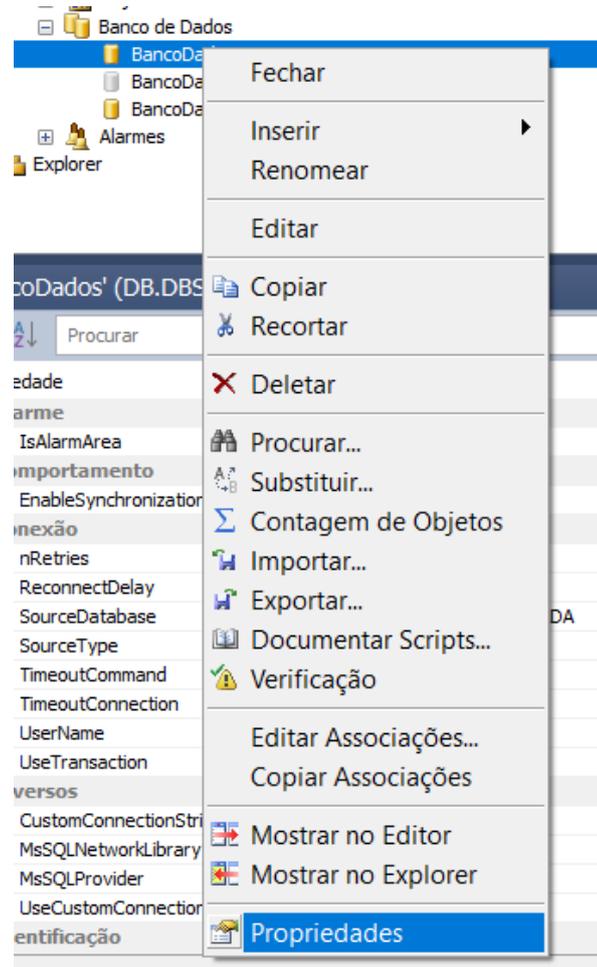
Figura 37 - Inserção de banco de dados no *Eclipse Power*:



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

Após inserir o banco de dados, é necessário configurá-lo, clicando-se com o botão direito do *mouse* e selecionando-se a opção “Propriedades”, assim como mostrado na Figura 388.

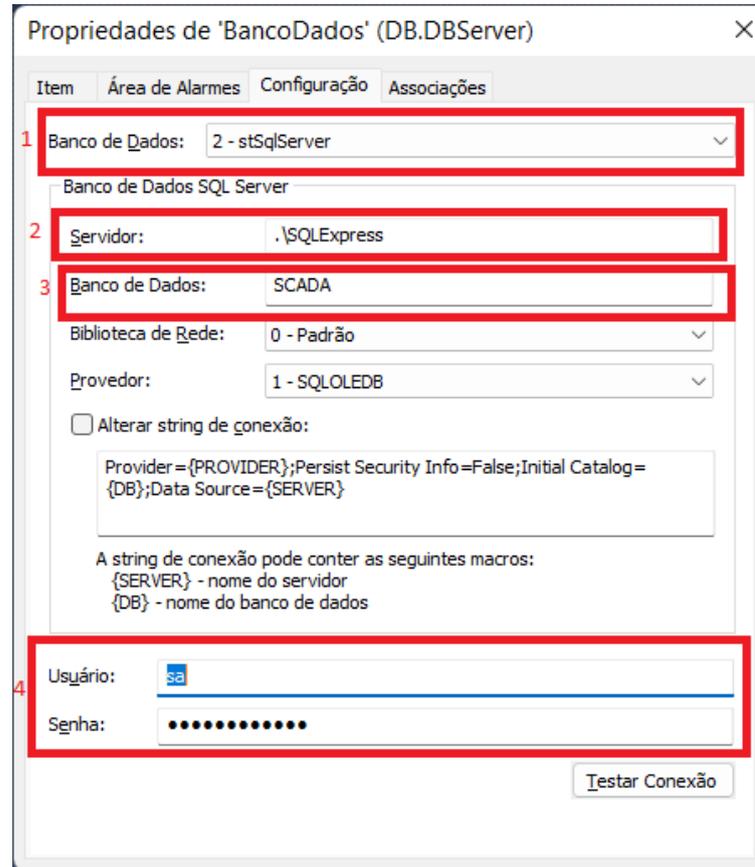
Figura 38 - Selecionando a aba de propriedades do banco de dados.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Studio”).

Ao abrir as propriedades do banco de dados é aberta a interface apresentada na Figura 399, na qual devem ser configurados os quatro itens identificados na mesma. O primeiro item é referente ao *software* de banco de dados utilizado, que no caso desta aplicação é o *SQL Express*. O segundo ponto é o nome do servidor no qual o *software* de banco de dados está instalado, nesse caso o *SQL Express* está instalado na mesma máquina que o *Eclipse Power*, justificando-se então o uso do “.\SQLEXPRESS”. O terceiro item é o nome do banco de dados. O último item é o usuário e senha que está cadastrada no *SQL*.

Figura 39 - Configurando o banco de dados no *Elipse Power Studio*.

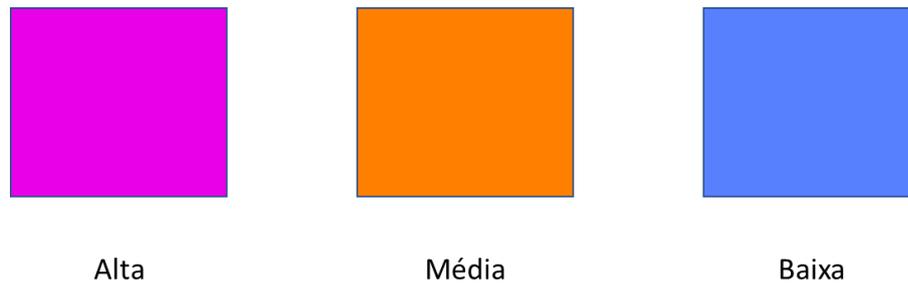


Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

#### 4.2.3.2 Tela de alarmes

A tela de alarmes é essencial para o SCADA, visto que é ela que mostra uma tabela com os alarmes atuados dentro de um determinado período especificado pelo operador. Para isso, devem-se padronizar as cores dos alarmes de acordo com sua severidade. No caso desta aplicação, aos alarmes com grau de severidade alto foi atribuída a cor magenta, devido ao seu destaque maior em uma tela de tema escuro. Para os alarmes de severidade média foi escolhida a cor laranja, pois possui um destaque moderado na tela, chamando menos atenção que o de severidade alta. Por fim, os alarmes de severidade baixa foram preenchidos com cor azul escuro, visto que seu destaque é inferior ao dos dois outros graus acima dele. A Figura 4040 apresenta cada uma das cores para sua respectiva severidade.

Figura 40 - Cores para cada severidade de alarme.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 411 apresenta a tela de alarmes da aplicação, na qual é possível notar uma divisão dos 3 níveis de alarmes, em cada uma dessas tabelas é possível visualizar as colunas que vão indicar o caminho do ponto supervisionado. Além disso, é possível reconhecer os alarmes atuados com duplo clique no botão esquerdo do *mouse* e aplicar filtros nas colunas apresentadas, facilitando a operação e investigação de falhas durante as atividades da equipe de manutenção. Além destas apresentadas, existem outras funcionalidades nesta tela que não são exploradas, pois não corroboram para o objetivo do presente trabalho.

Figura 41 - Tela de alarmes.

**Alarmes SE-QXB**

122 ALARMES NÃO RECONHECIDOS

Data e hora protocolo	Subestação	Vão	Equipamento	Estado	Descrição	Tensão	Categoria	Ponto	Severidade	Operador
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Batida de bloqueio	34,5		99	Alta	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Tríp sobrecorrente temporizada fase C	34,5		51_C	Alta	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Tríp sobrecorrente temporizada fase B	34,5		51_B	Alta	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Tríp sobrecorrente temporizada fase A	34,5		51_A	Alta	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea fase C	34,5		51N	Alta	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea fase B	34,5		50_B	Alta	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea fase A	34,5		50_A	Alta	
06/11/2022 11:18:06,962	SE-QXB		1911	Atuado	Falha de abridor - 50/62BF	34,5		50_62BF	Alta	
06/11/2022 11:18:06,962	SE-QXB		1911	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea de neutro	34,5		51	Alta	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Despico de abate de pressão	34,5		DAP	Alta	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Tríp sobrecorrente temporizada fase C	34,5		51_C	Alta	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Tríp sobrecorrente temporizada fase B	34,5		51_B	Alta	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Tríp sobrecorrente temporizada fase A	34,5		51_A	Alta	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea fase C	34,5		51N	Alta	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea fase B	34,5		50_B	Alta	
06/11/2022 11:18:06,959	SE-QXB		1992	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea fase A	34,5		50_A	Alta	
06/11/2022 11:18:06,959	SE-QXB		1992	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea fase B	34,5		50_B	Alta	
06/11/2022 11:18:06,959	SE-QXB		1992	Atuado	Tríp sobrecorrente instantânea fase A	34,5		50_A	Alta	
06/11/2022 11:18:06,959	SE-QXB		1992	Atuado	Falha de abertura - 50/62BF	34,5		50_62BF	Alta	

Data e hora protocolo	Subestação	Vão	Equipamento	Estado	Descrição	Tensão	Categoria	Ponto	Severidade	Operador
06/11/2022 11:18:06,958	SE-QXB		1911	Atuado	Watchdog Switch1 (Objetivado Switch Rugged...	0		WDog_Switch1	Alta	
06/11/2022 11:18:06,957	SE-QXB		1911	Atuado	Watchdog Fonte_UFR (Modulo Fonte UFR)	0		WDog_Fonte_UFR	Alta	
06/11/2022 11:18:06,966	SE-QXB		1911	Atuado	Mola descarregada	34,5		Mola_VO	Média	
06/11/2022 11:18:06,966	SE-QXB		1911	Atuado	Mola descarregada	34,5		Mola_OPTO	Média	
06/11/2022 11:18:06,966	SE-QXB		3245-5	Atuado	Falha de tensão CC Comando/Motor	69		FFWC_Coman	Média	
06/11/2022 11:18:06,966	SE-QXB		3245-5	Atuado	Falha de tensão CA Secundária	69		FFWC_Sec	Média	
06/11/2022 11:18:06,966	SE-QXB		1911	Atuado	Watchdog DMP3	34,5		WDog_DMP3	Média	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Defeito na bobina de abertura_VO	34,5		BobTrp_VO	Média	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Defeito na bobina de abertura_FE_OPTO (F1)	34,5		BobTrp_FE_O...	Média	
06/11/2022 11:18:06,965	SE-QXB		1911	Atuado	Defeito na bobina de abertura_AB_OPTO (F4B)	34,5		BobTrp_AB_...	Média	
06/11/2022 11:18:06,962	SE-QXB		1992	Atuado	Mola descarregada	34,5		Mola_VO	Média	
06/11/2022 11:18:06,962	SE-QXB		1992	Atuado	Watchdog DMP3	34,5		WDog_DMP3	Média	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Baixa pressão de SF6 - 1º estágio	34,5		SF6_1_DMP3	Média	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Mola descarregada	34,5		Mola_OPTO	Média	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Defeito na bobina de abertura_VO	34,5		BobTrp_VO	Média	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Defeito na bobina de abertura_FE_OPTO (F1)	34,5		BobTrp_FE_O...	Média	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1992	Atuado	Defeito na bobina de abertura_AB_OPTO (F4B)	34,5		BobTrp_AB_...	Média	
06/11/2022 11:18:06,959	SE-QXB		1991	Atuado	Mola descarregada	34,5		Mola_VO	Média	

Data e hora protocolo	Subestação	Vão	Equipamento	Estado	Descrição	Tensão	Categoria	Ponto	Severidade	Operador
06/11/2022 11:18:06,957	SE-QXB		1911	Atuado	Falha de comunicação com (transcador Alarme)	0		FFCom_Alarme	Baixa	
06/11/2022 11:18:06,960	SE-QXB		1911	Atuado	Falha de comunicação com (DPC-1911)	34,5		FFCom_DPC_...	Baixa	
06/11/2022 11:18:06,961	SE-QXB		1992	Atuado	Falha de comunicação com (DPC-1992)	34,5		FFCom_DPC_...	Baixa	
06/11/2022 11:18:06,958	SE-QXB		1991	Atuado	Falha de comunicação com (DPC-1991)	34,5		FFCom_DPC_...	Baixa	
06/11/2022 11:18:06,956	SE-QXB		1245	Atuado	Falha de comunicação com (DPC-1245)	69		FFCom_DPC_...	Baixa	
06/11/2022 11:18:06,952	SE-QXB		0211	Atuado	Ventilador forçada - Defeito	69		VentDef_DMP3	Baixa	
06/11/2022 11:18:06,952	SE-QXB		0211	Atuado	Falha de comunicação com	69		FFCom_DPC_...	Baixa	
06/11/2022 11:18:06,952	SE-QXB		0211	Atuado	Filtro do óleo DPO1 Desligado	69		Filtro_Oleo_D...	Baixa	

Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Viewer”).

#### 4.2.3.3 Tela de eventos

A tela de eventos difere-se da tela de alarmes devido à ausência da separação por severidade, visto que ela não apresenta apenas alarmes, mas também indica toda mudança de estados nos equipamentos. Esta tela não contempla a funcionalidade de reconhecimento de alarmes, mas limita-se a apresentar uma tabela com todo o histórico da subestação.

A Figura 422 apresenta a tela de eventos, a qual contempla uma série de funcionalidades dentre as quais é importante citar:

- O número máximo de registros a serem apresentados na tela;
- A filtragem de pontos por severidade;
- A filtragem por tipo de ponto;
- A aplicação de filtros nas colunas, assim como na tela de alarmes.

Figura 42 - Tela de eventos.

Data e hora	Subestação	Vtão	Equipamento	Estado	Descrição	Tensão	Categoria	Ponto	Severidade	Usuário
06/11/2022 11:18:00,962	SE-QXB			Ativado	Watchdog 200/211 (disconexão física) Ativa	0		Wdog_200/211	Medio	
06/11/2022 11:18:00,967	SE-QXB			Ativado	Falha de comunicação com (Amplificador_AL_0)	0		FlCom_Amplifc...	Baixa	
06/11/2022 11:18:00,967	SE-QXB			Ativado	Watchdog Fonte_UFR (Modulo Fonte UFR)	0		Wdog_Fonte_UFR	Medio	
06/11/2022 11:18:00,968	SE-QXB		19T1	Ativado	Falha de comunicação com (IPC_19T1)	34,5		FlCom_IPC_19T1	Baixa	
06/11/2022 11:18:00,968	SE-QXB		19T1	Ativado	Meda Descarregada	34,5		Meda_OPFD	Medio	
06/11/2022 11:18:00,968	SE-QXB		19T1	Ativado	Meda Descarregada	34,5		Meda_VO	Medio	
06/11/2022 11:18:00,968	SE-QXB		19T1	Ativado	Watchdog DMPT	34,5		Wdog_DMPT	Medio	
06/11/2022 11:18:00,968	SE-QXB		2305-5	Ativado	Falha de tensão CA Seccionadora	69		FlVcc_Secciona...	Medio	
06/11/2022 11:18:00,968	SE-QXB		2305-5	Ativado	Falha de tensão CC Comando/Bater	69		FlVcc_Command...	Medio	
06/11/2022 11:18:00,965	SE-QXB		19T1	Ativado	Tip sobrecorrente temporizada fase A	34,5		S1_A	Alta	
06/11/2022 11:18:00,965	SE-QXB		19T1	Ativado	Tip sobrecorrente temporizada fase B	34,5		S1_B	Alta	
06/11/2022 11:18:00,965	SE-QXB		19T1	Ativado	Tip sobrecorrente temporizada fase C	34,5		S1_C	Alta	
06/11/2022 11:18:00,965	SE-QXB		19T1	Ativado	Tip sobrecorrente temporizada do neutro	34,5		S1R	Alta	
06/11/2022 11:18:00,965	SE-QXB		19T1	Ativado	Relé de bloqueio	34,5		RS	Alta	
06/11/2022 11:18:00,965	SE-QXB		19T1	Ativado	Defeito na bobina de abertura _AB_OPFD (1)	34,5		Bottrq_AB_OPFD	Medio	
06/11/2022 11:18:00,965	SE-QXB		19T1	Ativado	Defeito na bobina de abertura _VE_OPFD (1)	34,5		Bottrq_VE_OPFD	Medio	
06/11/2022 11:18:00,965	SE-QXB		19T1	Ativado	Defeito na bobina de abertura _VO	34,5		Bottrq_VO	Medio	
06/11/2022 11:18:00,963	SE-QXB		19T1	Ativado	Tip sobrecorrente instantânea fase C	34,5		S0_C	Alta	
06/11/2022 11:18:00,963	SE-QXB		19T1	Ativado	Tip sobrecorrente instantânea do neutro	34,5		S0R	Alta	
06/11/2022 11:18:00,962	SE-QXB		19P2	Ativado	Falha parada de 90% 1º estágio	34,5		SEP_1_DMPT	Medio	
06/11/2022 11:18:00,962	SE-QXB		19T1	Ativado	Watchdog DMPT	34,5		Wdog_DMPT	Medio	
06/11/2022 11:18:00,962	SE-QXB		19T1	Ativado	Falha digitor - S0/62B	34,5		S0_62B	Alta	
06/11/2022 11:18:00,962	SE-QXB		19T1	Ativado	Tip sobrecorrente instantânea fase A	34,5		S0_A	Alta	
06/11/2022 11:18:00,962	SE-QXB		19T1	Ativado	Tip sobrecorrente instantânea fase B	34,5		S0_B	Alta	
06/11/2022 11:18:00,962	SE-QXB		19P2	Ativado	Meda Descarregada	34,5		Meda_VO	Medio	
06/11/2022 11:18:00,961	SE-QXB		19P2	Ativado	Dispositivo de bloqueio de pressão	34,5		DAP	Alta	
06/11/2022 11:18:00,961	SE-QXB		19P2	Ativado	Falha de comunicação com (IPC_19P2)	34,5		FlCom_IPC_19P2	Baixa	
06/11/2022 11:18:00,961	SE-QXB		19P2	Ativado	Meda Descarregada	34,5		Meda_OPFD	Medio	
06/11/2022 11:18:00,961	SE-QXB		19P2	Ativado	Tip sobrecorrente instantânea fase C	34,5		S0_C	Alta	
06/11/2022 11:18:00,960	SE-QXB		19P2	Ativado	Tip sobrecorrente temporizada fase A	34,5		S1_A	Alta	
06/11/2022 11:18:00,960	SE-QXB		19P2	Ativado	Tip sobrecorrente temporizada fase B	34,5		S1_B	Alta	
06/11/2022 11:18:00,960	SE-QXB		19P2	Ativado	Tip sobrecorrente temporizada fase C	34,5		S1_C	Alta	
06/11/2022 11:18:00,960	SE-QXB		19P2	Ativado	Tip sobrecorrente temporizada do neutro	34,5		S1R	Alta	
06/11/2022 11:18:00,960	SE-QXB		19P2	Ativado	Defeito na bobina de abertura _AB_OPFD (1)	34,5		Bottrq_AB_OPFD	Medio	
06/11/2022 11:18:00,960	SE-QXB		19P2	Ativado	Defeito na bobina de abertura _VE_OPFD (1)	34,5		Bottrq_VE_OPFD	Medio	
06/11/2022 11:18:00,960	SE-QXB		19P2	Ativado	Defeito na bobina de abertura _VO	34,5		Bottrq_VO	Medio	
06/11/2022 11:18:00,959	SE-QXB		19P2	Ativado	Tip sobrecorrente instantânea do neutro	34,5		S0R	Alta	
06/11/2022 11:18:00,959	SE-QXB		19P2	Ativado	Meda Descarregada	34,5		Meda_OPFD	Medio	

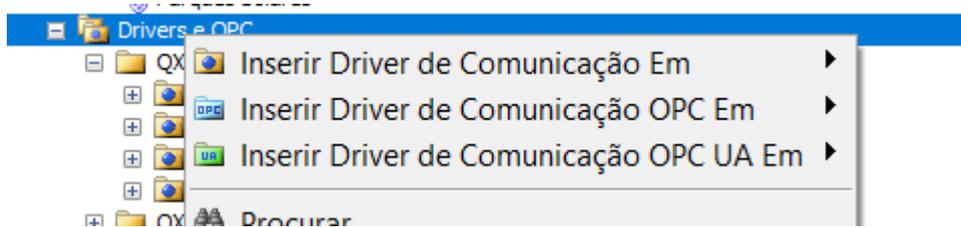
Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Viewer”).

### 4.3 Configuração dos drivers

Para criar um *driver* no *Eclipse Power* é necessário possuir os arquivos “.dll” referentes a cada um dos respectivos *drivers*. Esses arquivos contêm o protocolo de comunicação e podem ser encontrados no site da *Eclipse Software*, que possui uma série de *drivers* já homologados para comunicar com o supervisor. Após procurar no site os arquivos “.dll” de cada um dos 3 protocolos utilizados nessa aplicação, cada um deles foi baixado na máquina que possui o *software* supervisor instalado.

Depois de obter esses arquivos é necessário abrir o *Organizer* e clicar com o botão direito na aba *Drivers e OPC* e então inserir um driver de comunicação, assim como exposto na Figura 433.

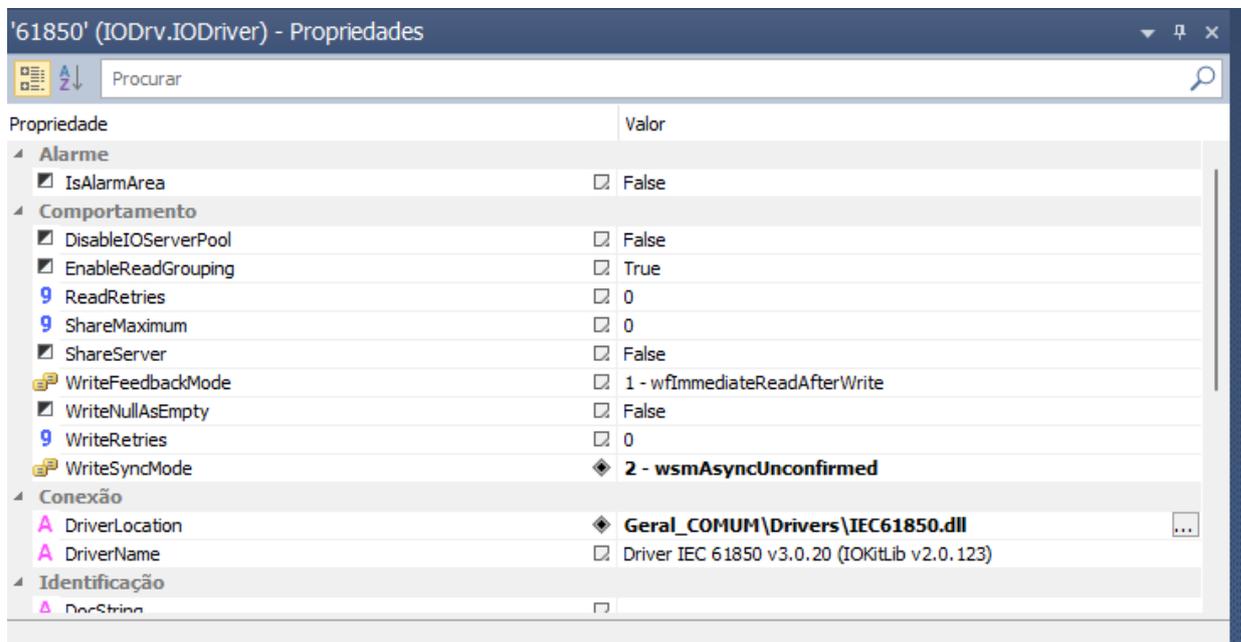
Figura 43 - Inserção de *driver* no *Elipse Power Studio*.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

Após inserir esse objeto será necessário apontar o caminho onde está o arquivo “.dll” do respectivo *driver* na propriedade *DriverLocation*, assim como mostrado na Figura 44. No caso da Figura 444, foi mostrado o procedimento para o driver IEC 61.850, valendo-se ressaltar que esse mesmo apontamento foi feito nos outros *drivers* para os seus respectivos arquivos “.dll”.

Figura 44 - Indicação do caminho do arquivo “.dll” do *driver*.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

O último processo é a indicação dos endereços IP’s com os quais cada um dos *drivers* aquisita as suas respectivas *tags*. O protocolo IEC 61.850 possui uma particularidade que é a possibilidade de se comunicar com até 25 IP’s diferentes, ao contrário dos outros que se limitam a um IP principal e um IP de backup.

Essa configuração deve ser feita através do *setup* de configuração do *driver*, que está indicado na Figura 455.

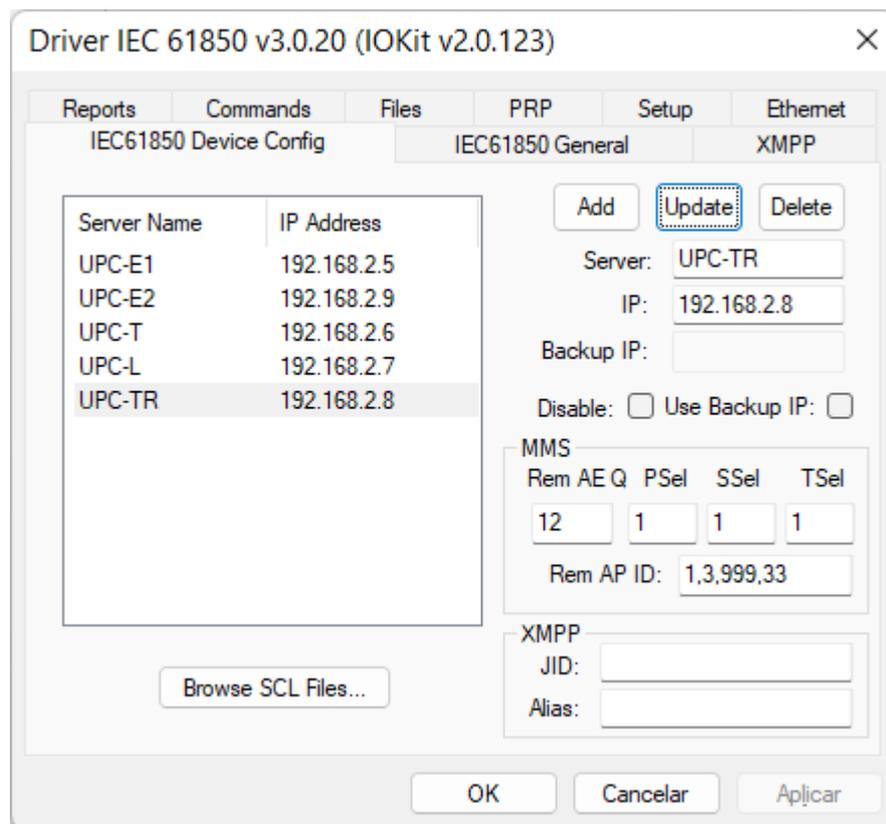
Figura 45 - Configurador do *driver*.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

Ao clicar com botão esquerdo do *mouse* no configurador do *driver* será aberta a tela de configuração dele. O cadastro dos IPs dos relés aos quais o *driver* se comunica se dá na aba *IEC61850 Device Config*. Na Figura 466 pode-se ver os nomes dos relés e os seus respectivos endereços IPs cadastrados no *driver*, além de configurações adicionais que podem ser necessárias para projetos específicos, mas que não são abordadas no presente estudo.

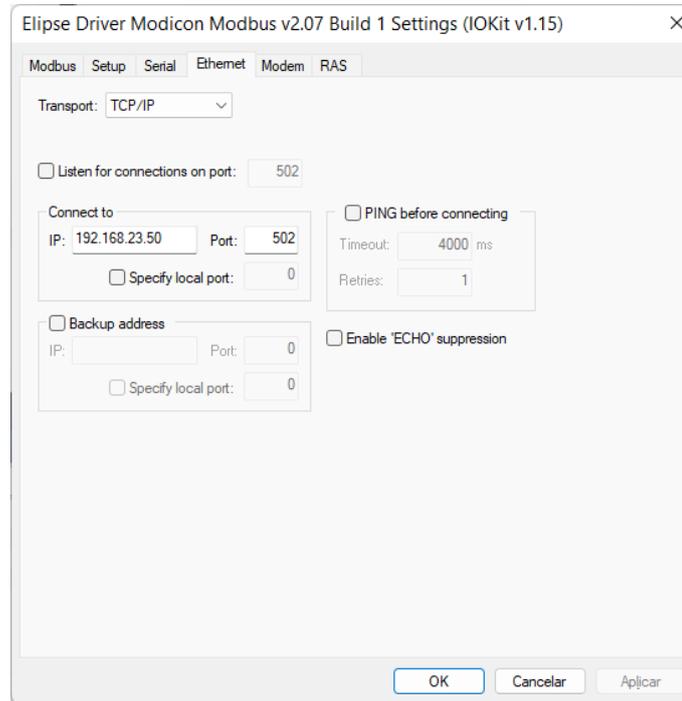
Figura 46 - IPs dos relés cadastrados no *driver* IEC 61.850.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

Para os outros *drivers* o procedimento de cadastro dos IPs e portas é mais simples, basta abrir o *setup* de configuração de cada um deles e preencher o IP na aba *Ethernet*, assim como mostrado na Figura 477.

Figura 47 - Cadastro de IP e porta nos demais protocolos.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

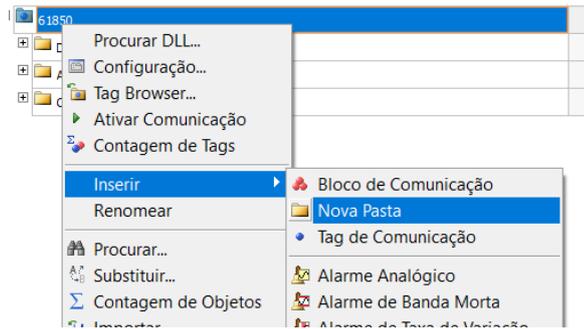
Nesta aplicação não foram previstos IPs de backup para cada um dos *drivers*, porém no caso de haver tal funcionalidade bastaria clicar na opção *Backup Address* e adicionar o novo IP e a porta de comunicação.

Feita a configuração dos *drivers* é possível progredir para o processo de inserção das *tags* que são supervisionadas pelo SCADA dessa subestação, que é apresentado no Tópico 4.4.

## 4.4 Inserção da base de dados no SCADA

### 4.4.1 Adição de tags nos drivers

Antes de fazer a inserção dos pontos de supervisão ao *Eclipse Power Studio* optou-se por estruturar 3 pastas responsáveis para cada um dos 3 tipos de pontos: discretos, analógicos e comandos. Essas pastas foram nomeadas como *Discrete*, *Analog* e *Command*. A maneira de adicionar tais pastas é dada pelo clique com botão direito no objeto *IODriver* do *Studio* e então inserir uma pasta, assim como mostrado na Figura 488.

Figura 48 - Criando pastas no *driver*.

Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Studio”).

As *tags* podem ser inseridas no objeto *driver* de comunicação manualmente. Basta abrir o objeto do *driver* criado na seção anterior e clicar na opção adicionar, localizada na região superior do *frame* dedicado ao *IODriver*, como apresentado na Figura 499.

Figura 49 - Opção para adicionar tag de comunicação ao *IODriver*.

Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Studio”).

Após inserir a *tag* é necessário parametrizá-la com seu nome e endereçamento no seu respectivo protocolo. A Figura 5050 apresenta a configuração da comunicação de um ponto adquirido via *Modbus TCP*, nela é visto que o seu endereçamento, assim como os de pontos comunicados por DNP 3.0, se dá por meio do preenchimento das colunas N1, N2, N3 e N4, presentes na estrutura de comunicação do *Eclipse Power*.

Figura 50 - Parametrização da *tag* no *driver* DNP 3.0.

Nome	Dispositivo	Item	P1/N1/B1	P2/N2/B2	P3/N3/B3	P4/N4/B4	Ta...	Va...	Leitur...	Escrit...	Escala?	Min...	Máx...	UE
DNP3			0	0	0	0								
Discrete														
SE-QNB.19P1.WDog_DNP3			1	1	202	651		1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1000	

Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Studio”).

A Tabela 2 mostra uma explicação do que deve ser preenchido em cada uma dessas colunas de endereçamento citadas.

Tabela 2 - Definição das colunas N1, N2, N3 e N4.

<b>N1</b>	Endereço do equipamento escravo na rede (Slave ID).
<b>N2</b>	Endereço do registrador, variável ou bit em um equipamento ou dispositivo escravo (CLP) em que se deseja ler ou escrever, conforme o mapa de registradores do equipamento.
<b>N3</b>	Endereço do registrador, variável ou bit em um equipamento ou dispositivo escravo (CLP) em que se deseja ler ou escrever, conforme o mapa de registradores do equipamento.
<b>N4</b>	Endereço do registrador, variável ou bit em um equipamento ou dispositivo escravo (CLP) em que se deseja ler ou escrever, conforme o mapa de registradores do equipamento.

Fonte: Elaborada pelo autor.

No caso dos pontos que se comunicam com o supervisor através do protocolo IEC 61.850, o endereçamento é feito nas colunas “Dispositivo” e “Item”, assim como mostra a Figura 511. A primeira indica o nome do equipamento configurado na aba *IEC61850 Device Config* na configuração do driver. A segunda é o caminho do ponto dentro da estrutura hierárquica do próprio *driver*:

Figura 51 - Parametrização da *tag* no *driver* IEC 61.850.

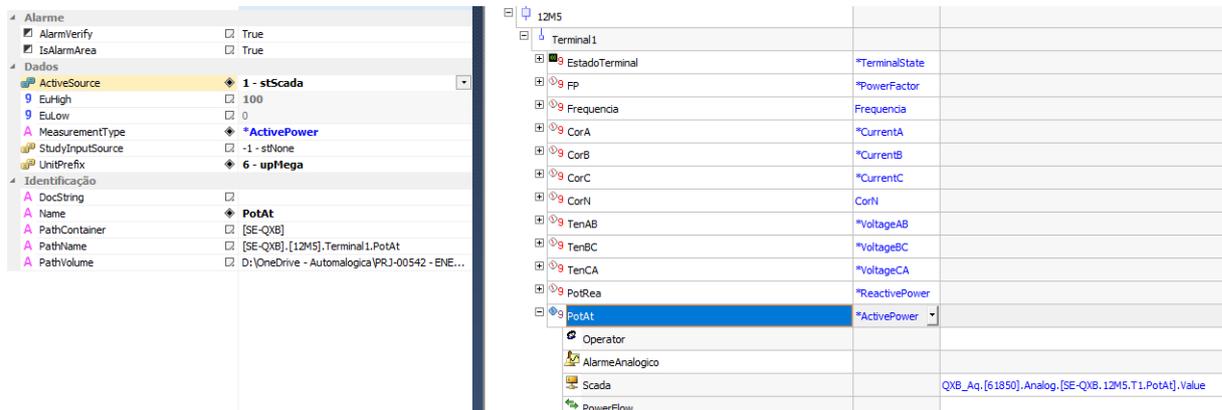
Nome	Dispositivo	Item
61850		
Discrete		
SE-QXB.19P.1.BobTrip_AB_OPTO	UPC-E1:UPC_E1System	OptGGIO1\$ST\$Ind1\$stVal

Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Eclipse Power Studio*”).

#### 4.4.2 Associação das *tags* à estrutura *Power*

Feita a adição das *tags* nos *IODrivers* de cada protocolo, é feita a associação de cada ponto comunicado com o seu respectivo objeto da estrutura de dados *Power*. Cada *tag* deve estar dentro de alguma das hierarquias possíveis dentro dessas medidas. A Figura 522 apresenta o exemplo da medida de potência ativa no disjuntor 12M5 do *bay* de linha, no qual é feita a configuração da propriedade *ActiveSource* para “1 – *stSCADA*” e dentro dessa fonte de dados é inserido o caminho da *tag* que indica a potência ativa nesse disjuntor.

Figura 52 - Associação da potência ativa do disjuntor 12M5 da estrutura à sua respectiva tag de comunicação.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Studio”).

Feita essa parametrização para todos os pontos adicionados ao *driver* pode-se ter como concluída a etapa de importação da base de dados para o supervisório, restando apenas a validação do sistema, que inclui desde o teste de comunicação do *Eclipse Power* com os equipamentos do nível 1 da hierarquia de supervisão até a verificação da correta funcionalidade dos objetos de tela.

#### 4.5 Validação do SCADA

Dentre os procedimentos realizados para se chegar ao ponto de validação do SCADA foram citados os seguintes:

- realizar a modelagem do unifilar elétrico e sincronizá-la com os objetos de dados da estrutura *Power*;
- desenvolver as telas do supervisório;
- configurar os *drivers* de comunicação;
- importar a base de dados para o SCADA.

Para que seja feita a validação de cada etapa tratada neste trabalho é necessário executar a aplicação feita no *Eclipse Power Studio* e então verificar seu funcionamento em tempo de execução no *Eclipse Power Viewer* e no *WatchWindow*.

A Figura 533 mostra as 4 opções para execução da aplicação, sendo a primeira (da esquerda para a direita) o botão de executar a aplicação e abrir o *Viewer*, a segunda de executar ou parar aplicação sem abrir ou fechar o *Viewer*, a terceira é para atualizar aplicação no caso de haver alguma alteração no *Studio* e a quarta é para abrir ou fechar o *Viewer*.

Figura 53 - Opções de execução no

*Studio.*



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

Ao clicar na primeira opção é possível visualizar se os driver estão comunicando com os IPs cadastrados durante o processo de configuração deles. Essa verificação é feita clicando-se na opção *WatchWindow*, que é apresentada na Figura 544.

Figura 54 -  
Funcionalidade  
*WatchWindow* no  
*Studio*.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “*Elipse Power Studio*”).

A função do *WatchWindow* é permitir a visualização em tempo real do valor corrente de qualquer *tag* no *Studio*. Dessa forma, é possível verificar as propriedades de um *tag* com o domínio ativo sem a necessidade de associá-los a objetos de tela. Dessa maneira, a partir dessa funcionalidade pode-se validar a comunicação dos driver, assim como mostrado na Figura 555, que mostra o exemplo da verificação da comunicação do driver do protocolo IEC 61.850 em que se pode notar que todos os pontos apresentam qualidade de 192, que é entendida pelo *Elipse Power* como uma qualidade boa, visto que os tais pontos também apresentam tema na cor azul, outro fator que valida a comunicação exitosa com os relés.

Figura 55 - Pontos comunicando corretamente a partir da verificação pelo *WatchWindow*.

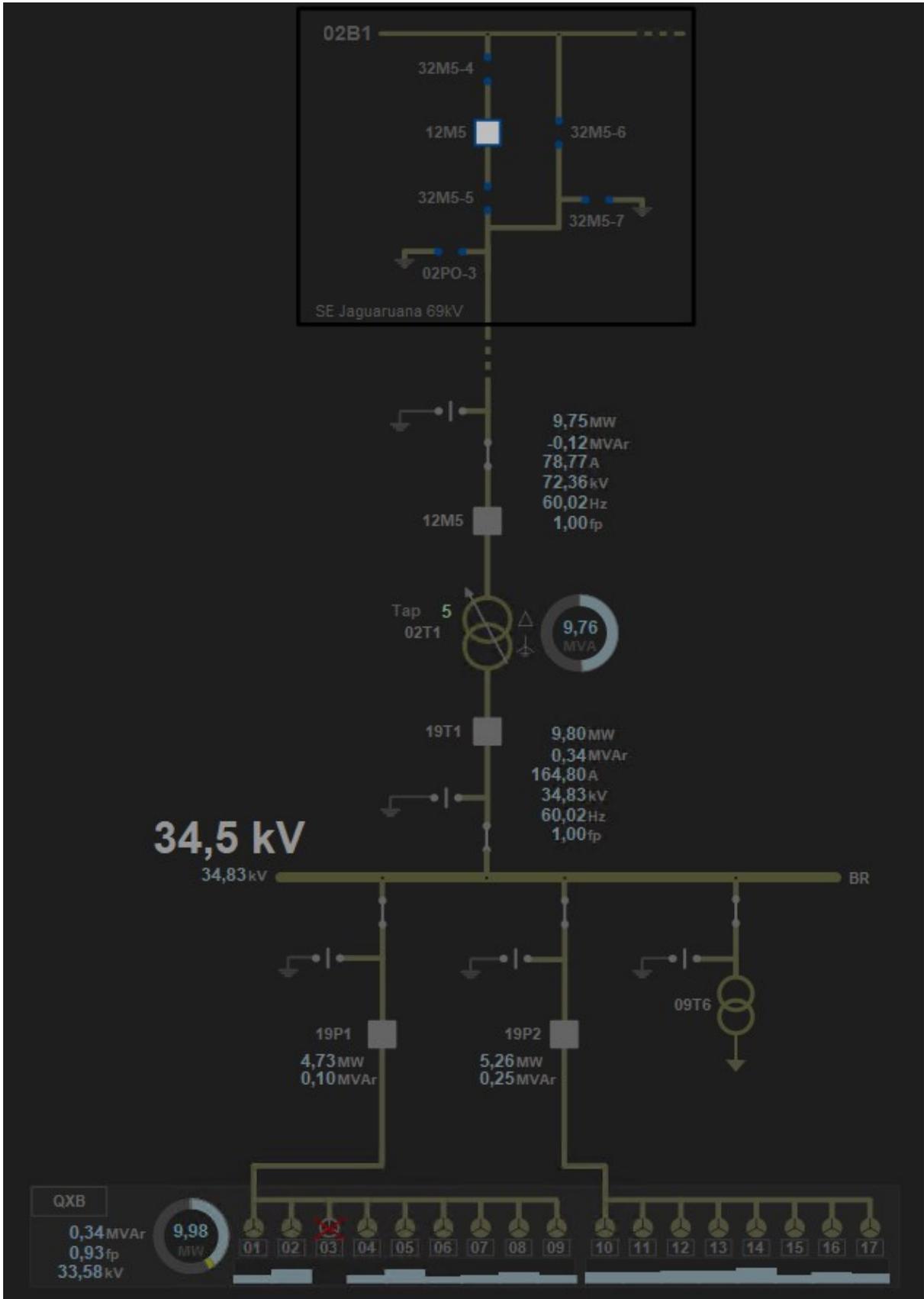
Nome	Qualidade	Estampa de Tempo	Valor
QXB_Aq.[61850]			
Analog			
Command			
Count	192	08/11/2022 21:23:28,155	3
DisableIOServerPool	192	08/11/2022 21:23:28,155	False
Discrete			
[SE-QXB.02T1.26_1]	192	29/10/2022 21:55:57,858	0
[SE-QXB.02T1.26_2]	192	29/10/2022 21:55:57,858	0
[SE-QXB.02T1.49_1]	192	29/10/2022 21:55:57,858	0
[SE-QXB.02T1.49_2]	192	29/10/2022 21:55:57,858	0
[SE-QXB.02T1.50_A_AT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.50_A_MT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.50_B_AT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.50_B_MT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.50_C_AT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.50_C_MT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.50N_AT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.50N_MT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.51_A_AT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.51_A_MT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.51_B_AT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.51_B_MT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.51_C_AT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.51_C_MT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.51G]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.51N_AT]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0
[SE-QXB.02T1.63T_2]	192	08/11/2022 16:59:29,920	0

Status: Conectado

Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do “Eclipse Power Studio”).

A partir do *Viewer* é possível verificar tanto a comunicação do supervisório com os equipamentos dos quais ele aquisita pontos quanto as lógicas de animação dos objetos de tela. A Figura 566 mostra como cada um dos equipamentos está animado de maneira a não indicar falha de comunicação, que seria um “X” vermelho sobrescrito no objeto de tela, assim como especificado no Tópico 4.2.1. Para os indicadores de informações analógicas também é possível notar que todos estão comunicando corretamente, pois não há indicação de falha de comunicação, que seriam as três interrogações em amarelo.

Figura 56 - Tela do unifilar geral em pleno funcionamento.



Fonte: Elaborada pelo autor (captura de tela do "Eclipse Power Viewer").

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho tratou do desenvolvimento do sistema SCADA da Subestação Quixaba, fazendo-se uma abordagem voltada especificamente para o desenvolvimento dentro do *software Elipse Power*, na qual foram abordadas as suas funcionalidades e propriedades internas que são de grande vantagem para aqueles que desenvolvem esse tipo de solução para subestações.

Com base nos resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que o supervisório utilizado, *Elipse Power*, demonstrou bastante eficiente, uma vez que proporciona um ambiente de desenvolvimento de interfaces gráficas que seguem a Metodologia de desenvolvimento de IHMs de alta performance, além de uma vasta quantidade de protocolos de comunicação com os quais tem paridade.

A implantação do SCADA para a SE-QXB pode ser considerada uma grande vantagem para a empresa detentora, visto que torna possível a operação remota e a detecção eficiente de anormalidades em campo, diminuindo o número de operadores presentes na subestação. Dessa maneira, o desenvolvimento feito traz diminuição de custos com mão de obra, agrega valor à planta geradora e favorece ainda mais a continuidade da operação da planta.

### 5.1 Trabalhos futuros

Existe uma série de desenvolvimentos que podem se originar a partir do sistema SCADA local de uma subestação de geração eólica, dentre os quais se pode citar:

- Aquisição dos dados do SCADA local ao SCADA do Centro de Operações do Sistema a partir do *Elipse Power software*;
- Estudos de performance de aerogeradores e previsão de falhas a partir de dados coletados pelo SCADA;
- Integração do *Elipse Power* com o sistema de gerenciamento de planta *Elipse Plant Manager* e suas vantagens para as empresas;
- Análise comparativa entre os sistemas SCADA desenvolvidos por diferentes empresas.

## REFERÊNCIAS

- ALTUS. **Curso de Introdução à automação [Aula 01]**. 2018. Disponível em: <https://www.altus.com.br/post/100/curso-de-introducao-a-automacao--5baula-01-5d>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- ALVES, A. M.; FAESARELLA, A. S. **High performance visual – um novo método de supervisão de usinas**. 2020. Trabalho de graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Campus Itatiba, Universidade São Francisco, Itatiba, 2020. Disponível em: <https://www.usf.edu.br/galeria/getImage/768/2589473444098518.pdf>. Acesso em: 9 out. 2022.
- ASSUNÇÃO, D. K. K.; DOS SANTOS, G. De S. M. **Desenvolvimento de um sistema supervisório integrado a uma aplicação mobile para monitoramento de subestações elétricas**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020.
- BECHARA, Ricardo. **Análise de falhas de transformadores de potência**. 2010. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tdc-16082010-163504/publico/Dissertacao\\_Ricardo\\_Bechara.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tdc-16082010-163504/publico/Dissertacao_Ricardo_Bechara.pdf). Acesso em: 2022-11-13.
- CENTRAL eólica Quixaba S.A. **EMIS**, 2022. Disponível em: [https://www.emis.com/php/company-profile/BR/Central\\_Eolica\\_Quixaba\\_SA\\_pt\\_3267346.html](https://www.emis.com/php/company-profile/BR/Central_Eolica_Quixaba_SA_pt_3267346.html). Acesso em: 9 out. 2022.
- CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- CSANYI, E. **Modernizing An Old Hardwired Relay Logic With Modern PLC System**. EEP – Electrical Engineering Portal, Belgrado, set. 2015. Disponível em: <https://electrical-engineering-portal.com/modernizing-hardwired-relay-logic-with-plcs>. Acesso em: 21 out. 2022.
- DESENVOLVENDO bibliotecas no E3. **Elipse Knowledgebase**, 2019. Disponível em: <https://kb.elipse.com.br/desenvolvendo-bibliotecas-no-e3/>. Acesso em: 4 nov. 2022.
- DOS REIS, P. H.; DE SOUZA, I. **Análise das chaves seccionadoras telecomandadas**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3625/2/PauloHRC\\_ART.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3625/2/PauloHRC_ART.pdf). Acesso em: 12 out. 2022.
- ELIPSE Power HMI. **Elipse Software**, 2022. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/produto/elipse-power-hmi/>. Acesso em: 17 out. 2022a.
- ELIPSE Power Renewable. **Elipse Software**, 2022. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/produto/elipse-power-wind/>. Acesso em: 17 out. 2022b.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 30 nov. 2022.

FONSECA, C. M. **Dimensionamento de barramentos em subestações**. 2009. 91p. Projeto de Diplomação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GIROUX, T. D. S. **Automação de subestações utilizando a norma IEC 61850 - Estudo de caso da Subestação do Campus do Pici (69-13,8 kV)**. 2012. 101p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

GOETZ, H. F. **Metodologia para Desenvolvimento de IHMs de Alta Performance Visual**. Eclipse Knowledgebase, 2019. Disponível em: <https://kb.elipse.com.br/metodologia-para-desenvolvimento-de-ihms-de-alta-performance-visual/>. Acesso em: 9 out. 2022.

ISA-101. **HMI usability and performance**: Technical Report. Durham. 2019.

JÚNIOR, A. **Desenvolvimento de Sistema SCADA para aplicações industriais e IoT**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) – Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

MARTINS, D. **Estudo de Caso na Automação, Proteção e Supervisão de uma Subestação de Classe 69kV**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MODBUS. **Perguntas frequentes sobre Modbus**. 2022. Disponível em: <https://www.modbus.org/faq.php>. Acesso em: 23 out. 2022.

MOURA, José David F. **Aumento da eficácia na geração de energia elétrica proveniente dos parques eólicos em decorrência da crise hídrica no Brasil**. Revista Valore, [s.l.], v. 7, p. 111-120, mar. 2022. ISSN 2526-043X. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/1084>. Acesso em: 13 nov. 2022.

ONS. **Procedimentos de Rede - Submódulo 20.1**: Glossário de termos técnicos. [s.l.]: ONS, 2009. Disponível em: <http://www.ons.org.br>. Acesso em: 15 out. 2022.

ORMOND, S. P.; CRIVELLARO, A. S.; DOS REIS, A. S. **Curso complementar Segurança no Sistema Elétrico de Potência (SEP) e em suas proximidades**. [s.l.]: SENAI-SP, 2007.

ORTEGA, A. et al. **Análise de Desempenho de Rede Smart Grid Protocolo de Comunicação DNP3 Sobre IEEE 802.11**. Rio de Janeiro, p. 1-9, 2013. Trabalho apresentado no Congresso Latino-Americano de Geração e Transmissão De Eletricidade, 9., 2013, Rio de Janeiro.

PEREIRA, R. M.; DE PAIVA, I. M.; SPRITZER, A. **Automação e digitalização em subestações de energia elétrica: um estudo de caso**. Revista Gestão Industrial, v. 3, n. 4, 1 dez. 2007.

REISING, D.; BULLEMER, P. **An Introduction to the ASM Guidelines Effective Operator Display Design**. In: ASM Webinar, 1., 2009, [s.l.], Communication Program, [s.l.]:

ASM Consortium, 2009. Disponível em:  
<https://www.yumpu.com/en/document/read/43404566/asm-display-guidelines-asm-consortium>. Acesso em: 7 out. 2022.

**RIBEIRO, J. C. C. Desenvolvimento de sistema de gerenciamento, supervisão, controle e aquisição de dados da microrrede universitária do campus do Pici-UFC.** 2020. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

**SAMPAIO, R. F. Sistema de automação distribuído: uma abordagem baseada em multiagente aplicada a sistemas de distribuição de energia elétrica em média tensão.** 2017. 266 p. Tese (Doutorado) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

**SENAIS-SP. Segurança no Sistema Elétrico de Potência (SEP) e em suas proximidades.** São Paulo-SP. SENAI- SP, 2007.

**VALENZUELA, D. L. P. Automatización de la subestación “San Agustín” de Emelnorte para su integración a un sistema Scada.** 2009. 302 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Eletrônica e de Controle) - Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2009.

**ZANETTA JÚNIOR., L. C. Fundamentos de sistemas elétricos de potência.** 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

**ZANGHI, E. Sistemas SCADA: Conceitos.** Protcom: Porto, set. 2019. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/352156761\\_Sistemas\\_SCADA\\_Conceitos](https://www.researchgate.net/publication/352156761_Sistemas_SCADA_Conceitos). Acesso em: Acesso em: 17 out. 2022.

## APÊNDICE A – Dados do bay de alimentação 1 supervisionados pelo SCADA

Tabela A.1: Pontos discretos e comandos do bay de alimentação 1.

Discretos			
[SE-QXB]	19P1	BobTrip_AB_OPTO	Defeito na bobina de abertura_AB_OPTO (AB)
[SE-QXB]	19P1	BobTrip_FE_OPTO	Defeito na bobina de abertura_FE_OPTO (FE)
[SE-QXB]	19P1	Pos	Disjuntor 19P1
[SE-QXB]	19P1	Pos	Disjuntor 19P1
[SE-QXB]	19P1	ChLR	Chave local remoto
[SE-QXB]	19P1	SF6_Bloq	Bloqueio por baixa pressão de SF6
[SE-QXB]	19P1	Mola_OPTO	Mola descarregada
[SE-QXB]	19P1	50_A	Trip sobrecorrente instantânea fase A
[SE-QXB]	19P1	50_B	Trip sobrecorrente instantânea fase B
[SE-QXB]	19P1	50_C	Trip sobrecorrente instantânea fase C
[SE-QXB]	19P1	50N	Trip sobrecorrente instantânea de neutro
[SE-QXB]	19P1	51_A	Trip sobrecorrente temporizada fase A
[SE-QXB]	19P1	51_B	Trip sobrecorrente temporizada fase B
[SE-QXB]	19P1	51_C	Trip sobrecorrente temporizada fase C
[SE-QXB]	19P1	51N	Trip sobrecorrente temporizada de neutro
[SE-QXB]	19P1	50_62BF	Falha disjuntor - 50/62BF
[SE-QXB]	19P1	Mola_VO	Mola descarregada
[SE-QXB]	19P1	BobTrip_VO	Defeito na bobina de abertura_VO
[SE-QXB]	19P1		86 Relé de bloqueio
[SE-QXB]	19P1	WDog_DNP3	Watchdog DNP3
[SE-QXB]	19P1	FlhCom_UPC_19P1	Falha de comunicação com (UPC_19P1)
[SE-QXB]	39P1	Pos	Seccionadora 39P1
[SE-QXB]	39P1	Pos	Seccionadora 39P1
[SE-QXB]	39P1-7	Pos	Seccionadora 39P1-7
[SE-QXB]	39P1-7	Pos	Seccionadora 39P1-7
Comandos			
[SE-QXB]	19P1	Pos	Comando - Disjuntor

Fonte: o próprio Autor.

Tabela A.2: Dados analógicos do bay de alimentação 1.

ANALÓGICOS			
Container	Equip	Nome	Descrição
[SE-QXB]	19P1	FP	Fator de potência
[SE-QXB]	19P1	Frequencia	Frequência trifásica
[SE-QXB]	19P1	CorA	Corrente fase A
[SE-QXB]	19P1	CorB	Corrente fase B
[SE-QXB]	19P1	CorC	Corrente fase C
[SE-QXB]	19P1	CorN	Corrente de neutro
[SE-QXB]	19P1	TenAB	Tensão de linha fases A-B
[SE-QXB]	19P1	TenBC	Tensão de linha fases B-C
[SE-QXB]	19P1	TenCA	Tensão de linha fases C-A
[SE-QXB]	19P1	PotRea	Potência reativa trifásica
[SE-QXB]	19P1	PotAt	Potência ativa trifásica

Fonte: o próprio Autor.

Tabela A.3: Pontos discretos e comandos do *bay* de alimentação 2.

Discretos			
[SE-QXB]	19P2	BobTrip_AB_OPTO	Defeito na bobina de abertura_AB_OPTO (AB)
[SE-QXB]	19P2	BobTrip_FE_OPTO	Defeito na bobina de abertura_FE_OPTO (FE)
[SE-QXB]	19P2	Pos	Disjuntor 19P1
[SE-QXB]	19P2	Pos	Disjuntor 19P1
[SE-QXB]	19P2	ChLR	Chave local remoto
[SE-QXB]	19P2	SF6_Bloq	Bloqueio por baixa pressão de SF6
[SE-QXB]	19P2	Mola_OPTO	Mola descarregada
[SE-QXB]	19P2	50_A	Trip sobrecorrente instantânea fase A
[SE-QXB]	19P2	50_B	Trip sobrecorrente instantânea fase B
[SE-QXB]	19P2	50_C	Trip sobrecorrente instantânea fase C
[SE-QXB]	19P2	50N	Trip sobrecorrente instantânea de neutro
[SE-QXB]	19P2	51_A	Trip sobrecorrente temporizada fase A
[SE-QXB]	19P2	51_B	Trip sobrecorrente temporizada fase B
[SE-QXB]	19P2	51_C	Trip sobrecorrente temporizada fase C
[SE-QXB]	19P2	51N	Trip sobrecorrente temporizada de neutro
[SE-QXB]	19P2	50_62BF	Falha disjuntor - 50/62BF
[SE-QXB]	19P2	Mola_VO	Mola descarregada
[SE-QXB]	19P2	BobTrip_VO	Defeito na bobina de abertura_VO
[SE-QXB]	19P2		86 Relé de bloqueio
[SE-QXB]	19P2	WDog_DNP3	Watchdog DNP3
[SE-QXB]	19P2	FlhCom_UPC_19P1	Falha de comunicação com (UPC_19P1)
[SE-QXB]	39P2	Pos	Seccionadora 39P1
[SE-QXB]	39P2	Pos	Seccionadora 39P1
[SE-QXB]	39P2-7	Pos	Seccionadora 39P1-7
[SE-QXB]	39P2-7	Pos	Seccionadora 39P1-7
Comandos			
[SE-QXB]	19P2	Pos	Comando - Disjuntor

Fonte: o próprio Autor.

Tabela A.4: Dados analógicos do *bay* de alimentação 2.

ANALÓGICOS			
Container	Equip	Nome	Descrição
[SE-QXB]	19P2	FP	Fator de potência
[SE-QXB]	19P2	Frequencia	Frequência trifásica
[SE-QXB]	19P2	CorA	Corrente fase A
[SE-QXB]	19P2	CorB	Corrente fase B
[SE-QXB]	19P2	CorC	Corrente fase C
[SE-QXB]	19P2	CorN	Corrente de neutro
[SE-QXB]	19P2	TenAB	Tensão de linha fases A-B
[SE-QXB]	19P2	TenBC	Tensão de linha fases B-C
[SE-QXB]	19P2	TenCA	Tensão de linha fases C-A
[SE-QXB]	19P2	PotRea	Potência reativa trifásica
[SE-QXB]	19P2	PotAt	Potência ativa trifásica

Fonte: o próprio Autor.

## APÊNDICE B – Dados do bay de transformação supervisionados pelo SCADA

Tabela B.1: Pontos discretos e comandos do bay de transformação.

Container	Equip	Nome	Discretos Descrição
[SE-QXB]	19T1	BobTrip_AB_OPTO	Defeito na bobina de abertura _AB_OPTO (AB)
[SE-QXB]	19T1	BobTrip_FE_OPTO	Defeito na bobina de abertura _FE_OPTO (FE)
[SE-QXB]	19T1	Pos	Disjuntor 19T1
[SE-QXB]	19T1	Pos	Disjuntor 19T1
[SE-QXB]	19T1	ChLR	Chave local remoto
[SE-QXB]	19T1	SF6_Bloq	Bloqueio por baixa pressão de SF6
[SE-QXB]	19T1	Mola_OPTO	Mola descarregada
[SE-QXB]	19T1	50_A	Trip sobrecorrente instantânea fase A
[SE-QXB]	19T1	50_B	Trip sobrecorrente instantânea fase B
[SE-QXB]	19T1	50_C	Trip sobrecorrente instantânea fase C
[SE-QXB]	19T1	50N	Trip sobrecorrente instantânea de neutro
[SE-QXB]	19T1	51_A	Trip sobrecorrente temporizada fase A
[SE-QXB]	19T1	51_B	Trip sobrecorrente temporizada fase B
[SE-QXB]	19T1	51_C	Trip sobrecorrente temporizada fase C
[SE-QXB]	19T1	51N	Trip sobrecorrente temporizada de neutro
[SE-QXB]	19T1	50_62BF	Falha disjuntor - 50/62BF
[SE-QXB]	19T1	Mola_VO	Mola descarregada
[SE-QXB]	19T1	BobTrip_VO	Defeito na bobina de abertura _VO
[SE-QXB]	19T1		86 Relé de bloqueio
[SE-QXB]	02T1	VentEstado	Ventilação forçada - Estado
[SE-QXB]	02T1	26_2	Sobretensão do óleo - 2º estágio
[SE-QXB]	02T1	49_2	Sobretensão do enrolamento - 2º estágio
[SE-QXB]	02T1	63T_2	Relé de gás - 2º estágio
[SE-QXB]	02T1	DAP	Dispositivo de alívio de pressão
[SE-QXB]	02T1	Protecao_Comutador	Relé de proteção comutador
[SE-QXB]	02T1	86T	Relé de bloqueio do transformador
[SE-QXB]	02T1	87T_A	Trip diferencial de trafo fase A
[SE-QXB]	02T1	87T_B	Trip diferencial de trafo fase B
[SE-QXB]	02T1	87T_C	Trip diferencial de trafo fase C
[SE-QXB]	02T1	50_A_AT	Trip sobrecorrente instantânea fase A (AT)
[SE-QXB]	02T1	50_B_AT	Trip sobrecorrente instantânea fase B (AT)
[SE-QXB]	02T1	50_C_AT	Trip sobrecorrente instantânea fase C (AT)
[SE-QXB]	02T1	50N_AT	Trip sobrecorrente instantânea de neutro (AT)
[SE-QXB]	02T1	51_A_AT	Trip sobrecorrente temporizada fase A (AT)
[SE-QXB]	02T1	51_B_AT	Trip sobrecorrente temporizada fase B (AT)
[SE-QXB]	02T1	51_C_AT	Trip sobrecorrente temporizada fase C (AT)
[SE-QXB]	02T1	51N_AT	Trip sobrecorrente temporizada de neutro AT
[SE-QXB]	02T1	50_A_MT	Trip sobrecorrente instantânea fase A (MT)
[SE-QXB]	02T1	50_B_MT	Trip sobrecorrente instantânea fase B (MT)
[SE-QXB]	02T1	50_C_MT	Trip sobrecorrente instantânea fase C (MT)
[SE-QXB]	02T1	50N_MT	Trip sobrecorrente instantânea de neutro (MT)
[SE-QXB]	02T1	51_A_MT	Trip sobrecorrente temporizada fase A (MT)
[SE-QXB]	02T1	51_B_MT	Trip sobrecorrente temporizada fase B (MT)
[SE-QXB]	02T1	51_C_MT	Trip sobrecorrente temporizada fase C (MT)
[SE-QXB]	02T1	51G	Trip sobrecorrente temporizada de terra
[SE-QXB]	02T1	VentAutoManRemManLoc	Ventilação forçada em automático manual-remoto manual-local
[SE-QXB]	02T1	VentAutoManRemManLoc	Ventilação forçada em automático manual-remoto manual-local
[SE-QXB]	02T1	VentAutoManRemManLoc	Ventilação forçada em automático manual-remoto manual-local
[SE-QXB]	02T1	CDCSub	Comutador de tap - Tap Subindo
[SE-QXB]	02T1	CDCDes	Comutador de tap - Tap Descendo
[SE-QXB]	02T1	CDCMax	Comutador de tap - Tap Máximo
[SE-QXB]	02T1	CDCMin	Comutador de tap - Tap Mínimo
[SE-QXB]	02T1	ChLRCDC	Comutador de tap - Chave local remoto
[SE-QXB]	02T1	ChLRCDC	Comutador de tap - Chave local remoto
[SE-QXB]	02T1	ChLRCDC	Comutador de tap - Chave local remoto
[SE-QXB]	02T1	MiniDj_CDC_DJQ1	Alarme mini disjuntor CDC_DJQ1 (CDC DJQ1)
[SE-QXB]	02T1	Motor_CDC	Motor CDC
[SE-QXB]	02T1	Motor_Filtro_Oleo	Motor filtro do óleo
[SE-QXB]	02T1	Filtro_Oleo_DJQ1	Filtro do óleo DJQ1 Desligado
[SE-QXB]	02T1	PosTap	Posição do tap
[SE-QXB]	19T1	WDog_DNP3	Watchdog DNP3
[SE-QXB]	02T1	26_1_DNP3	Sobretensão do óleo - 1º estágio
[SE-QXB]	02T1	49_1_DNP3	Sobretensão do enrolamento - 1º estágio
[SE-QXB]	02T1	VentDef_DNP3	Ventilação forçada - Defeito
[SE-QXB]	02T1	OleoMax_DNP3	Nível de óleo máximo
[SE-QXB]	02T1	ComutOleoMaxMin_DNP3	Comutador de tap - Nível de óleo máximo/mínimo
[SE-QXB]	02T1	WDog_Monitor de Temperatura	Watchdog Monitor de Temperatura (Monitor de Temperatura)
[SE-QXB]	02T1	WDog_Regulador de Tensão	Watchdog Regulador de Tensão (Regulador de Tensão)
[SE-QXB]	02T1	WDog	Watchdog
[SE-QXB]	19T1	FihCom_UPC_19T1	Falha de comunicação com (UPC_19T1)
[SE-QXB]	02T1	FihCom_UPC_02T1	Falha de comunicação com
[SE-QXB]	39T1	Pos	Seccionadora 39T1
[SE-QXB]	39T1	Pos	Seccionadora 39T1
[SE-QXB]	39T1-7	Pos	Seccionadora 39T1-7
[SE-QXB]	39T1-7	Pos	Seccionadora 39T1-7
			Comandos
[SE-QXB]	19T1	Pos	Comando - Disjuntor
[SE-QXB]	02T1	PosTap	Comando - Controle de Tap
[SE-QXB]	02T1	PosTap	Comando - Controle de Tap
[SE-QXB]	02T1	VentEstado	Comando - Estado da ventilação forçada

Fonte: o próprio Autor.

Tabela B.2: Dados analógicos do *bay* de transformação.

Analógicos			
Container	Equip	Nome	Descrição
[SE-QXB]	19T1	FP	Fator de potência
[SE-QXB]	19T1	Frequencia	Frequência trifásica
[SE-QXB]	19T1	CorA	Corrente fase A
[SE-QXB]	19T1	CorB	Corrente fase B
[SE-QXB]	19T1	CorC	Corrente fase C
[SE-QXB]	19T1	CorN	Corrente de neutro
[SE-QXB]	19T1	TenAB	Tensão de linha fases A-B
[SE-QXB]	19T1	TenBC	Tensão de linha fases B-C
[SE-QXB]	19T1	TenCA	Tensão de linha fases C-A
[SE-QXB]	19T1	PotRea	Potência reativa trifásica
[SE-QXB]	19T1	PotAt	Potência ativa trifásica
[SE-QXB]	02T1	CorA_UP	Corrente fase A (unidade principal)
[SE-QXB]	02T1	CorB_UP	Corrente fase B (unidade principal)
[SE-QXB]	02T1	CorC_UP	Corrente fase C (unidade principal)
[SE-QXB]	02T1	CorN_UP	Corrente de neutro (unidade principal)
[SE-QXB]	02T1	CorA_UA	Corrente fase A (unidade alternada)
[SE-QXB]	02T1	CorB_UA	Corrente fase B (unidade alternada)
[SE-QXB]	02T1	CorC_UA	Corrente fase C (unidade alternada)
[SE-QXB]	02T1	CorN_UA	Corrente de neutro (unidade alternada)
[SE-QXB]	02T1	PotAp	Potência aparente trifásica
[SE-QXB]	02T1	TempOleo	Temperatura do óleo
[SE-QXB]	02T1	TempEnro	Temperatura do enrolamento

Fonte: o próprio Autor.

## APÊNDICE C – Dados do bay de linha supervisionados pelo SCADA

Tabela C.1: Pontos discretos e comandos do bay de linha.

Discretos			
Container	Equip	Nome	Descrição
[SE-QXB]	12M5	BobTrip_1_OPTO	Defeito na bobina de abertura _1_OPTO (1)
[SE-QXB]	12M5	BobTrip_2_OPTO	Defeito na bobina de abertura _2_OPTO (2)
[SE-QXB]	12M5	Pos	Disjuntor 12M5
[SE-QXB]	12M5	Pos	Disjuntor 12M5
[SE-QXB]	12M5	ChLR	Chave local remoto
[SE-QXB]	12M5	SF6_Bloq	Bloqueio por baixa pressão de SF6
[SE-QXB]	12M5	Mola_OPTO	Mola descarregada
[SE-QXB]	32M5-5	Pos	Seccionadora 32M5-5
[SE-QXB]	32M5-5	Pos	Seccionadora 32M5-5
[SE-QXB]	32M5-5	ChLR	Chave local remoto
[SE-QXB]	32M5-5	FltVcc_Comando_Motor	Falta de tensão CC Comando/Motor
[SE-QXB]	32M5-5	FltVca_Seccionadora	Falta de tensão CA Seccionadora
[SE-QXB]	32M5-7	Pos	Seccionadora 32M5-7
[SE-QXB]	32M5-7	Pos	Seccionadora 32M5-7
[SE-QXB]	12M5	50_A	Trip sobrecorrente instantânea fase A
[SE-QXB]	12M5	50_B	Trip sobrecorrente instantânea fase B
[SE-QXB]	12M5	50_C	Trip sobrecorrente instantânea fase C
[SE-QXB]	12M5	50N	Trip sobrecorrente instantânea de neutro
[SE-QXB]	12M5	51_A	Trip sobrecorrente temporizada fase A
[SE-QXB]	12M5	51_B	Trip sobrecorrente temporizada fase B
[SE-QXB]	12M5	51_C	Trip sobrecorrente temporizada fase C
[SE-QXB]	12M5	51N	Trip sobrecorrente temporizada de neutro
[SE-QXB]	12M5	50_62BF	Falha disjuntor - 50/62BF
[SE-QXB]	12M5	Mola_VO	Mola descarregada
[SE-QXB]	12M5	BobTrip_VO_1	Defeito na bobina de abertura _VO_1 (1)
[SE-QXB]	12M5	BobTrip_VO_2	Defeito na bobina de abertura _VO_2 (2)
[SE-QXB]	12M5		27 Trip subtensão
[SE-QXB]	12M5	Sobretencao_Residual	Sobretenção residual
[SE-QXB]	12M5	59T	Trip sobretensão temporizada
[SE-QXB]	12M5	59I	Trip sobretensão instantânea
[SE-QXB]	12M5	81U_1	Trip subfrequência - 1º estágio
[SE-QXB]	12M5	81U_2	Trip subfrequência - 2º estágio
[SE-QXB]	12M5	81O_1	Trip sobrefrequência - 1º estágio
[SE-QXB]	12M5	81O_2	Trip sobrefrequência - 2º estágio
[SE-QXB]	12M5	WDog_DNP3	Watchdog DNP3
[SE-QXB]	12M5	FlhCom_UPC_12M5	Falha de comunicação com (UPC_12M5)
Comandos			
[SE-QXB]	12M5	Pos	Comando - Disjuntor
[SE-QXB]	32M5-5	Pos	Comando - Chave
[SE-QXB]	32M5-5	Pos	Comando - Chave

Fonte: o próprio Autor.

Tabela C.2: Dados analógicos do *bay* de linha.

Analógicos			
Container	Equip	Nome	Descrição
[SE-QXB]	12M5	FP	Fator de potência
[SE-QXB]	12M5	Frequencia	Frequência trifásica
[SE-QXB]	12M5	CorA	Corrente fase A
[SE-QXB]	12M5	CorB	Corrente fase B
[SE-QXB]	12M5	CorC	Corrente fase C
[SE-QXB]	12M5	CorN	Corrente de neutro
[SE-QXB]	12M5	TenAB	Tensão de linha fases A-B
[SE-QXB]	12M5	TenBC	Tensão de linha fases B-C
[SE-QXB]	12M5	TenCA	Tensão de linha fases C-A
[SE-QXB]	12M5	PotRea	Potência reativa trifásica
[SE-QXB]	12M5	PotAt	Potência ativa trifásica
[SE-QXB]	12M5	DistanciaFalta	Distância da corrente de falta

Fonte: o próprio Autor.

## APÊNDICE D – Dados dos aerogeradores supervisionados pelo SCADA

Tabela D.1: Pontos discretos de um aerogerador.

Discretos					
QXB		QXB-001		AeroEstado	Estado do WTG em resumo
QXB		QXB-001		AeroEstadoGoldWind_EstadoCompleto	Estado do WTG em detalhe
QXB		QXB-001		FlhComWTG	Falha de comunicação do WTG
QXB		QXB-001		OperationStatus	Indicação de Operação do Equipamento

Fonte: o próprio Autor.

Tabela D.2: Dados analógicos de um aerogerador.

Analógicos					
QXB		QXB-001		TotEgyAt	TotEgyAt
QXB		QXB-001	Meteorological	VentoVel3seg	Velocidade do vento - Média 3 seg
QXB		QXB-001	Meteorological	VentoDir	Direção do vento
QXB		QXB-001		TenA_Rede	Tensão fase A
QXB		QXB-001		TenB_Rede	Tensão fase B
QXB		QXB-001		TenC_Rede	Tensão fase C
QXB		QXB-001		CorA_Rede	Corrente fase A
QXB		QXB-001		CorB_Rede	Corrente fase B
QXB		QXB-001		CorC_Rede	Corrente fase C
QXB		QXB-001		PotAt	Potência ativa trifásica
QXB		QXB-001		PotRea	Potência reativa trifásica
QXB		QXB-001		FPtrif	Fator de potência trifásica
QXB		QXB-001		TempAmbiente	Temperatura ambiente
QXB		QXB-001		PotAtEsperada	Potência ativa esperada
QXB		QXB-001		LimPowStopState	LimPowStopState (limit power stop state)
QXB		QXB-001		EnergiaAtCons	Energia ativa consumida
QXB		QXB-001		YawDir	Direção do yaw
QXB		QXB-001	Generator1	GeradorRPM	Velocidade de rotação do gerador
QXB		QXB-001		Temp_Topbox	Topbox Temp.
QXB		QXB-001	Nacelle	NacelleTemp	Temperatura da Nacelle
QXB		QXB-001	Rotor	Temp_PGen1	1#Pitch Motor Temp.
QXB		QXB-001	Rotor	Temp_PGen2	2#Pitch Motor Temp.
QXB		QXB-001	Rotor	Temp_PGen3	3#Pitch Motor Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PCap1	1#Pitch Capacitor Cabinet Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PCap2	2#Pitch Capacitor Cabinet Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PCap3	3#Pitch Capacitor Cabinet Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PConv1	1#Pitch Converter Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PConv2	2#Pitch Converter Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PConv3	3#Pitch Converter Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PCharger1	1#Pitch Charger Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PCharger2	2#Pitch Charger Temp.
QXB		QXB-001		Temp_PCharger3	3#Pitch Charger Temp.
QXB		QXB-001	Rotor	Pang_Blade1	1#Pitch Angle
QXB		QXB-001	Rotor	Pang_Blade2	2#Pitch Angle
QXB		QXB-001	Rotor	Pang_Blade3	3#Pitch Angle
QXB		QXB-001		Temp_IGBTConv1	Converter 1# Boost Chopper IGBT Temp.
QXB		QXB-001		Temp_IGBTConv2	Converter 2# Boost Chopper IGBT Temp.
QXB		QXB-001		Temp_IGBTConv3	Converter 3# Boost Chopper IGBT Temp.
QXB		QXB-001		TempMax_IGBTNet	Maximum Temp. Of Grid-side Converter IGBT
QXB		QXB-001		Temp_Towerin	Air Inlet Temp. of Tower Base
QXB		QXB-001		Temp_IGBTCabinet1	Converter 1#IGBT Cabinet Temp.
QXB		QXB-001		Temp_IGBTCabinet2	Converter 2#IGBT Cabinet Temp.
QXB		QXB-001		TempOleo	Temperatura do óleo
QXB		QXB-001		VentoDir_Yaw	Direção do vento
QXB		QXB-001		Temp_MCC	Main Control cabinet temperature

Fonte: o próprio Autor.