

**INSTITUTO FEDERAL**

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PHELLYPE MOLA PESSOA BRAGA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DESENVOLVIMENTO DE INTERFACE SCADA PARA APLICAÇÃO  
EM EXPERIMENTOS PRÁTICOS REALIZADOS COM BANCADA  
DIDÁTICA SMART GRID**

João Pessoa – PB  
2025

PHELLYPE MOLA PESSOA BRAGA

DESENVOLVIMENTO DE INTERFACE SCADA PARA APLICAÇÃO EM EXPERIMENTOS  
PRÁTICOS REALIZADOS COM BANCADA DIDÁTICA SMART GRID

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado  
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Franklin Martins Pereira Pamplona, Dr.

João Pessoa – PB  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP  
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *campus* João Pessoa

B813d

Braga, Phellype Mola Pessoa.

Desenvolvimento de interface SCADA para aplicação em experimentos práticos realizados com bancada didática Smart Grid / Phellype Mola Pessoa Braga. – 2025.

39 f. : il.

TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB / Coordenação do Curso Superior em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Martins Pereira Pamplona.

1. Sistemas Elétricos de Potência. 2. Interface SCADA. 3. Software Winlog. 4. Bancada Smart Grid De Lorenzo. I. Título.

CDU 621.3.016.2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**PHELLYPE MÓLA PESSOA BRAGA**

**20111610073**

### **"DESENVOLVIMENTO DE INTERFACE SCADA PARA APLICAÇÃO EM EXPERIMENTOS PRÁTICOS REALIZADOS COM BANCADA DIDÁTICA SMART GRID"**

Relatório de Estágio submetido à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Relatório aprovado pela banca examinadora em 08 de agosto de 2025.

#### **BANCA EXAMINADORA:**

*(assinaturas eletrônicas via SUAP)*

**Dr. FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA**

IFPB (Orientador)

**Dr. ÁLVARO DE MEDEIROS MACIEL**

IFPB (Examinador)

**Dr. WALMERAN JOSÉ TRINDADE JÚNIOR**

IFPB (Examinador Interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Franklin Martins Pereira Pamplona**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/08/2025 12:41:26.
- **Walmeran Jose Trindade Junior**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/08/2025 12:54:55.
- **Alvaro de Medeiros Maciel**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/08/2025 09:57:38.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/08/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 752843  
Verificador: 3ac45c7feb  
Código de Autenticação:



Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, JOÃO PESSOA / PB, CEP 58015-435  
<http://ifpb.edu.br> - (83) 3612-1200

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus professores por todo o conhecimento e dedicação que me foram oferecidos. Em especial, ao meu orientador Franklin Martins Pereira Pamplona.

Agradeço aos meus amigos, verdadeiros irmãos que escolhi, especialmente à Priscila Vital e ao Paulo Fernandes, por todos os momentos que compartilhamos.

Agradeço à minha irmã Nathally pelo companheirismo, carinho e pelos conselhos que tanto me ajudam.

Agradeço ao meu pai, Antonio, pela dedicação e carinho, cujo exemplo de curiosidade me levou a escolher esta profissão.

Sobretudo, agradeço à minha mãe, Maria do Carmo, porto seguro e farol da minha vida, exemplo de perseverança e mansidão, por todo amor e dedicação. Cada conquista minha é, igualmente, dela.

# RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como foco o desenvolvimento de uma nova interface SCADA para aplicação em atividades práticas no Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência (LABSEP) do IFPB – Campus João Pessoa. A iniciativa surgiu da necessidade de atualizar e tornar mais didático o sistema supervisor da bancada Smart Grid De Lorenzo, com vistas à melhoria do processo de ensino-aprendizagem no contexto da proteção de sistemas elétricos. O trabalho envolveu a substituição do software Winlog Pro pela versão mais atual, Winlog Evo, e a criação de uma interface gráfica mais limpa, funcional e próxima dos padrões utilizados na indústria. A nova configuração permitiu a simulação de falhas elétricas, a leitura em tempo real de variáveis como tensões, correntes e potências, além do controle direto de disjuntores.

**Palavras-chave:** Sistemas Elétricos de Potência, interface SCADA, Winlog, bancada didática.

# ABSTRACT

This Final Undergraduate Project focuses on the development of a new SCADA interface for application in practical activities at the Power Systems Laboratory (LABSEP) of IFPB – João Pessoa Campus. The initiative emerged from the need to update and enhance the didactic potential of the supervisory system of the Smart Grid De Lorenzo training bench, with the aim of improving the teaching and learning process in the context of electrical system protection. The project involved replacing the Winlog Pro software with the more recent Winlog Evo version and designing a graphical interface that is cleaner, more functional, and better aligned with industry standards. The new configuration enabled the simulation of electrical faults, real-time reading of variables such as voltage, current, and power, in addition to the direct control of circuit breakers.

**Palavras-chave:** Power Systems, SCADA interface, Winlog, Didactic Bench.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Janela do Project Manager do software Winlog Pro. ....	16
Figura 2 – Janela do Gate Builder do software Winlog Pro. ....	17
Figura 3 – Janela do Template Builder do software Winlog Pro. ....	18
Figura 4 – Janela do Code Builder do software Winlog Pro. ....	19
Figura 5 – Bancada Smart Grid presente no LABSEP .....	21
Figura 6 – Representação do Sistema SCADA da Bancada De Lorenzo. ....	22
Figura 7 – Módulo DL 2108TAL-SW – Fonte Trifásica.....	23
Figura 8 – Módulo DL 10065N – Unidade de medição digital CC e CA.....	24
Figura 9 – Módulo DL 1080TT – Transformador trifásico. ....	25
Figura 10 – Módulo DL 2108T02 – Disjuntor. ....	25
Figura 11 – Módulo DL 2109T29 – Multimedidor trifásico. ....	26
Figura 12 – Módulo DL 7901TT – Linha de transmissão longa. ....	27
Figura 13 – Módulos DL 2108T23 – Relé de proteção .....	28
Figura 14 – Módulos de carga (a) resistiva, (b) indutiva e (c) capacitiva.....	28
Figura 15 – Módulo DL HUBRS485F – HUB de comunicação. ....	29
Figura 16 – Janela do Project Manager da nova versão do software Winlog Evo. ....	30
Figura 17 – Desenho esquemático do circuito a ser montado na bancada didática. ....	31
Figura 18 – Template de exercício do aplicativo SMART GRID LAB. ....	32
Figura 19 – Imagem do template da nova interface. ....	33
Figura 20 – Detalhe de edição de um template.....	33
Figura 21 – Ícones que representam os estados dos módulos relés. ....	34
Figura 22 – Layout final da nova interface desenvolvida.....	35
Figura 23 – Montagem do experimento para testes na bancada didática Smart Grid.....	35
Figura 24 – Esquema de ligação entre os módulos do circuito experimental. ....	36
Figura 25 – Captura do layout da nova interface durante execução do aplicativo. ....	37

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Módulos da bancada De Lorenzo utilizados para simulação do circuito experimental.....	22
Tabela 2 – Especificações do Módulo DL 10065N.....	24
Tabela 3 - Especificações do Módulo DL 7901TT. ....	27
Tabela 4 – Dados nominais de resistências, capacitâncias e indutâncias dos módulos de carga.....	29

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	11
1.1	Objetivos.....	12
1.1.1	Geral .....	12
1.1.2	Específicos.....	12
1.2	Estrutura do Trabalho .....	13
2	Embasamento Teórico .....	14
2.1	Sistemas SCADA .....	14
2.2	Software SCADA .....	15
2.3	Software WINLOG.....	15
2.3.1	Project Manager.....	16
2.3.2	Gate Builder.....	16
2.3.3	Template Builder .....	17
2.3.4	Code Builder.....	18
2.4	Winlog Evo.....	19
3	Material e Métodos .....	20
3.1	Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência.....	20
3.2	Bancada de simulação .....	20
3.2.1	Módulo DL 2108TAL-SW – Unidade de Fornecimento Trifásico .....	23
3.2.2	Módulo DL 10065N – Unidade de Medição Digital.....	23
3.2.3	Módulo DL 1080TT – Transformador Trifásico .....	24
3.2.4	Módulo DL 2108T02 – Disjuntor.....	25
3.2.5	Módulo DL 2109T29 – Multimedidor Trifásico .....	26
3.2.6	Módulo DL 7901TT – Linha de Transmissão Longa.....	26
3.2.7	Módulo DL 2108T23 – Relé de Proteção.....	27
3.2.8	Módulos de Carga.....	28
3.2.9	Módulo DL HUBRS485F - HUB de Comunicação .....	29
3.3	Atualização do Software WINLOG .....	30
3.4	Desenvolvimento da nova Interface .....	31
4	Resultados.....	37
5	Considerações Finais .....	38
	Referências Bibliográficas.....	39

# 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas elétricos de potência constituem a espinha dorsal da infraestrutura energética moderna, sendo responsáveis pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica de forma contínua, segura e eficiente. Esses sistemas permitem o funcionamento de praticamente todas as atividades da sociedade contemporânea, desde os setores industrial e comercial até os serviços essenciais, como saúde, transporte e telecomunicações. A confiabilidade e a robustez desses sistemas são, portanto, fatores críticos para o desenvolvimento social e econômico.

Nos últimos anos, os sistemas elétricos vêm se tornando progressivamente mais complexos, em razão do aumento do consumo, da expansão das redes de distribuição, da crescente inserção de fontes renováveis intermitentes, da descentralização da geração, da eletrificação de setores diversos e da necessidade de maior eficiência energética. Essa nova realidade intensifica desafios operacionais como o controle da tensão e a gestão do fluxo de potência, o que exige uma gestão mais inteligente, flexível e responsiva das redes elétricas. Para enfrentar tais desafios, ganha destaque o conceito de Smart Grids, ou redes elétricas inteligentes, que integram tecnologias de automação, comunicação em tempo real e controle avançado para otimizar o desempenho do sistema elétrico como um todo.

Dentro dessa arquitetura moderna, os sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) desempenham papel central ao possibilitar o monitoramento e o controle em tempo real dos processos de geração, transmissão e distribuição de energia. Esses sistemas viabilizam a operação remota de equipamentos, o acompanhamento de variáveis elétricas críticas, a análise de desempenho da rede e a atuação diante de eventos anômalos ou falhas. Assim, o estudo de falhas e a familiaridade com sistemas de supervisão tornam-se indispensáveis para garantir a confiabilidade e a continuidade do fornecimento de energia elétrica.

Nesse cenário de transformação tecnológica, torna-se essencial investir na formação de profissionais capacitados para operar, projetar e gerenciar sistemas elétricos de potência cada vez mais sofisticados. A formação do engenheiro eletricista, em particular, deve contemplar não apenas o domínio dos fundamentos teóricos, mas também o desenvolvimento de competências em aulas práticas relacionadas à operação de redes inteligentes, à análise de falhas e ao uso de ferramentas modernas de supervisão e controle. Para isso, o uso de sistemas didáticos de simulação, como é o caso do

Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência (LABSEP) do Campus João Pessoa do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), representa uma estratégia pedagógica fundamental, pois permite ao estudante interagir com modelos mais realistas de sistemas elétricos, compreendendo de forma aplicada o comportamento dos componentes e das redes sob diferentes condições operacionais.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma interface SCADA para um circuito que será aplicado em aulas práticas no LABSEP, permitindo exemplificar diversas funções de proteção de sistemas elétricos — tais como proteção contra sobrecorrente, sobretensão e falta fase-terra — a partir de uma única montagem experimental.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 GERAL

Desenvolver uma interface SCADA para um circuito didático a ser utilizado em aulas práticas no Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência (LABSEP), com a finalidade de exemplificar funções de proteção de sistemas elétricos — como sobrecorrente, sobretensão e falta fase-terra — por meio de uma única montagem experimental, contribuindo para o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem na formação dos alunos do curso de Engenharia Elétrica do IFPB.

### 1.1.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Atualizar o programa SCADA existente na bancada de sistemas elétricos de potência do LABSEP, adequando-a às necessidades didáticas atuais;
- Projetar e implementar uma interface gráfica mais intuitiva para a visualização e o controle dos parâmetros elétricos envolvidos nos ensaios;
- Permitir, em uma única montagem experimental, a simulação de diferentes tipos de falhas e a atuação dos dispositivos de proteção correspondentes;
- Validar a nova interface em atividades práticas, verificando sua eficácia na condução dos experimentos e na compreensão dos conceitos pelos alunos;

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, organizados de forma a apresentar, desenvolver e validar a proposta de criação de uma nova interface SCADA para uso didático no LABSEP. O primeiro capítulo traz a introdução ao tema, contextualizando o problema, justificando a proposta e apresentando os objetivos do trabalho. O segundo apresenta uma revisão teórica sobre sistemas SCADA, com ênfase no software Winlog e suas ferramentas de desenvolvimento, fundamentais para a realização do projeto. No terceiro capítulo, são descritos os materiais utilizados e os métodos adotados, incluindo os equipamentos da bancada didática, a configuração do software e o desenvolvimento da nova interface. O quarto capítulo expõe os resultados obtidos com a implementação da interface, destacando o teste de comunicação com os módulos da bancada, a leitura das variáveis e o funcionamento do controle dos disjuntores. Por fim, o quinto capítulo reúne as conclusões do trabalho, confirmando o alcance dos objetivos propostos e sugerindo possíveis melhorias e expansões futuras.

## 2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo são descritos os aspectos teóricos pertinentes aos temas abordados ao longo do desenvolvimento do trabalho.

### 2.1 SISTEMAS SCADA

SCADA é a sigla para *Supervisory Control And Data Acquisition*, que em português significa Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados. Esses sistemas têm como função principal coletar informações, monitorar variáveis e controlar dispositivos envolvidos em um processo. No setor elétrico, eles são essenciais para a gestão eficiente das etapas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Sua utilização torna possível o desenvolvimento de redes elétricas mais sofisticadas e inteligentes, conhecidas como *smart grids*. Através da coleta de dados em inúmeros pontos da rede, é possível realizar modelagens, simulações operacionais, detecção e prevenção de falhas, além de viabilizar a atuação nos mercados de energia (DE LORENZO, s.d.).

Em um sistema SCADA típico, a supervisão é realizada por um ou mais computadores conectados a dispositivos periféricos por meio de uma rede de comunicação. Esses dispositivos — como Unidades Terminais Remotas (RTUs), Módulos de Entrada/Saída (I/O) e Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) — atuam como interfaces com os processos que envolvem o controle de máquinas, plantas industriais e sistemas elétricos. A rede de comunicação estabelece a troca de informações entre os computadores centrais e os periféricos, podendo utilizar diferentes meios de transmissão e protocolos diversos.

O software SCADA é responsável por processar os dados recebidos e oferecer aos operadores uma interface homem-máquina (IHM), que viabiliza a interação com o sistema. Essa interface deve fornecer uma visão clara, organizada e intuitiva do processo supervisionado, incluindo seu estado atual, comportamento ao longo do tempo e qualquer anomalia que venha a ocorrer. Nesse contexto, o uso de representações gráficas simplificadas, por meio de telas sinópticas bem projetadas, é fundamental para facilitar a interpretação e a tomada de decisões (SIELCO SISTEMI, s.d.).

## 2.2 SOFTWARE SCADA

Ainda de acordo com a SIELCO SISTEMI (s.d.), os softwares SCADA constituem ambientes integrados de desenvolvimento voltados à criação de aplicações SCADA HMI (Interface Homem-Máquina). Em outras palavras, são por meio desses softwares que os sistemas supervisórios (aplicativos SCADA) são criados e editados.

Há diversas opções disponíveis no mercado, que variam em desempenho, preço e complexidade. A escolha do software mais adequado depende da natureza do projeto, das exigências técnicas, do orçamento disponível e do tempo necessário para aprendizado. Projetos de grande porte podem justificar o uso de soluções mais robustas e complexas, enquanto, para aplicações de pequeno e médio porte, recomenda-se a adoção de softwares mais simples e acessíveis.

Independentemente do grau de complexidade, todo software SCADA deve oferecer recursos essenciais, como:

- Comunicação: suporte a múltiplos protocolos e drivers para integração com diversos dispositivos industriais, como CLPs e medidores;
- Interface Homem-Máquina (IHM): ferramentas gráficas para visualização clara e dinâmica dos processos;
- Informação do processo: acesso a dados em tempo real e a históricos para monitoramento e análise;
- Relatórios: geração de documentos gerenciais com base nas informações coletadas;
- Arquitetura: capacidade de operar em redes locais e remotas, permitindo múltiplas instâncias e operadores distribuídos.

## 2.3 SOFTWARE WINLOG

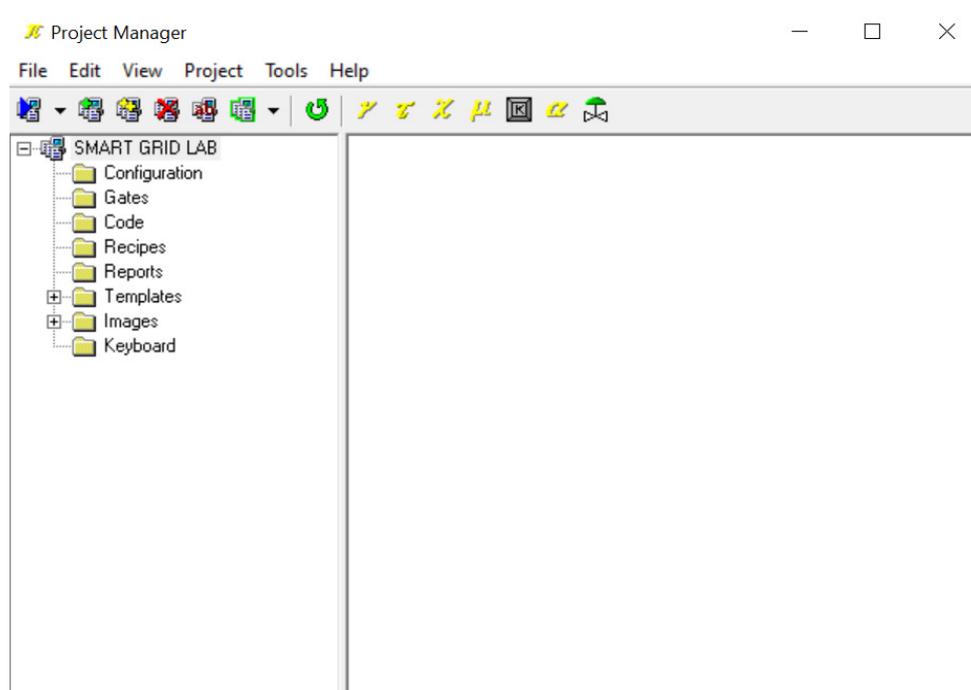
O Winlog é um pacote de software SCADA desenvolvido pela SIELCO SISTEMI srl para a criação de aplicações SCADA/HMI. Ele oferece ferramentas de desenvolvimento que incluem bibliotecas gráficas com símbolos estáticos e animados, possibilitando a construção de interfaces gráficas interativas. Além disso, permite definir as diretrizes de comunicação entre os dispositivos de campo e o sistema supervisório, oferecendo suporte aos principais protocolos de comunicação utilizados na indústria. O software também possibilita a configuração de arquiteturas cliente/servidor, bem como o

desenvolvimento de aplicações web, que podem ser acessadas remotamente por meio de smartphones ou navegadores. Atualmente, estão disponíveis duas versões do software: o Winlog Pro, que representa a opção mais básica e é utilizado no LABSEP como sistema supervisorio da bancada de simulação De Lorenzo; e o Winlog Evo, uma versão mais avançada, que oferece recursos aprimorados e melhor se adapta às demandas da Indústria 4.0 (SIELCO SISTEMI, s.d.).

### 2.3.1 PROJECT MANAGER

O Project Manager é a plataforma de desenvolvimento integrada responsável por disponibilizar as ferramentas necessárias para a criação e o gerenciamento de projetos no ambiente Winlog (tais como o *Gate Builder*, *Template Builder*, *Code Builder* e *Application Builder*, entre outras). Na Figura 1 é apresentada a janela inicial do Project Manager com o projeto de supervisorio denominado SMART GRID LAB e com suas pastas constituintes (SIELCO SISTEMI, s.d.).

Figura 1 – Janela do Project Manager do software Winlog Pro.



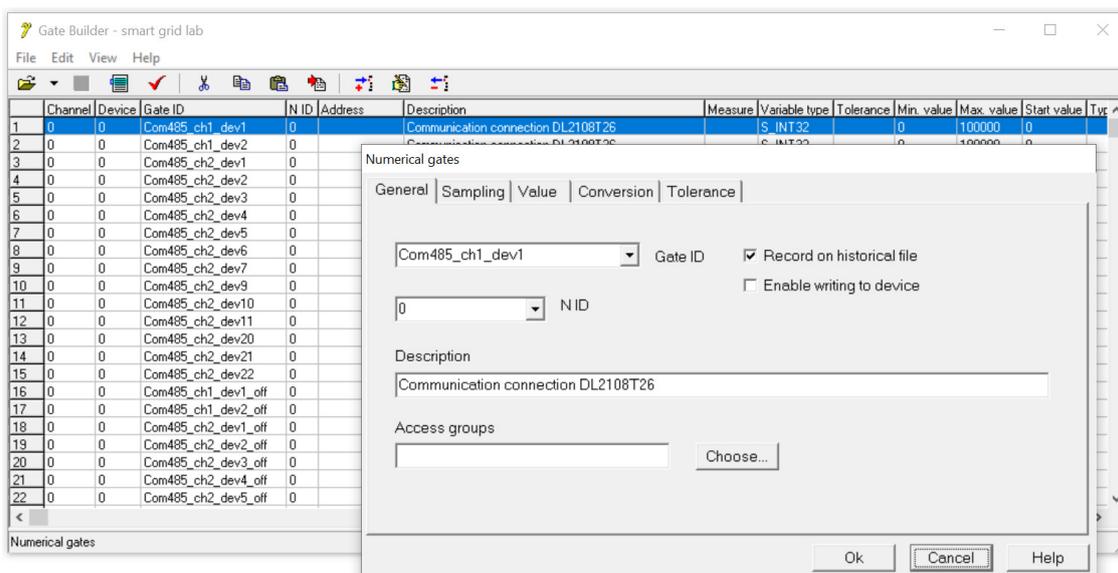
Fonte: Sielco Sistemi srl

### 2.3.2 GATE BUILDER

O Gate Builder é a ferramenta responsável pela criação e administração do banco de dados das variáveis utilizadas no sistema, também chamadas de portas ou tags. Essas

variáveis podem ser classificadas em diferentes tipos, como numéricas, digitais, do tipo string, compostas, de eventos ou de alarme. Para cada porta, é possível definir atributos como nome, descrição, endereço, unidade de medida, fator de escala, entre outras propriedades relevantes. Além disso, o Gate Builder permite configurar o método de amostragem e a frequência de atualização de cada variável. Na Figura 2 é exibida a tela inicial do Gate Builder com as configurações aplicadas à bancada De Lorenzo.

Figura 2 – Janela do Gate Builder do software Winlog Pro.



Fonte: Sielco Sistemi srl

### 2.3.3 TEMPLATE BUILDER

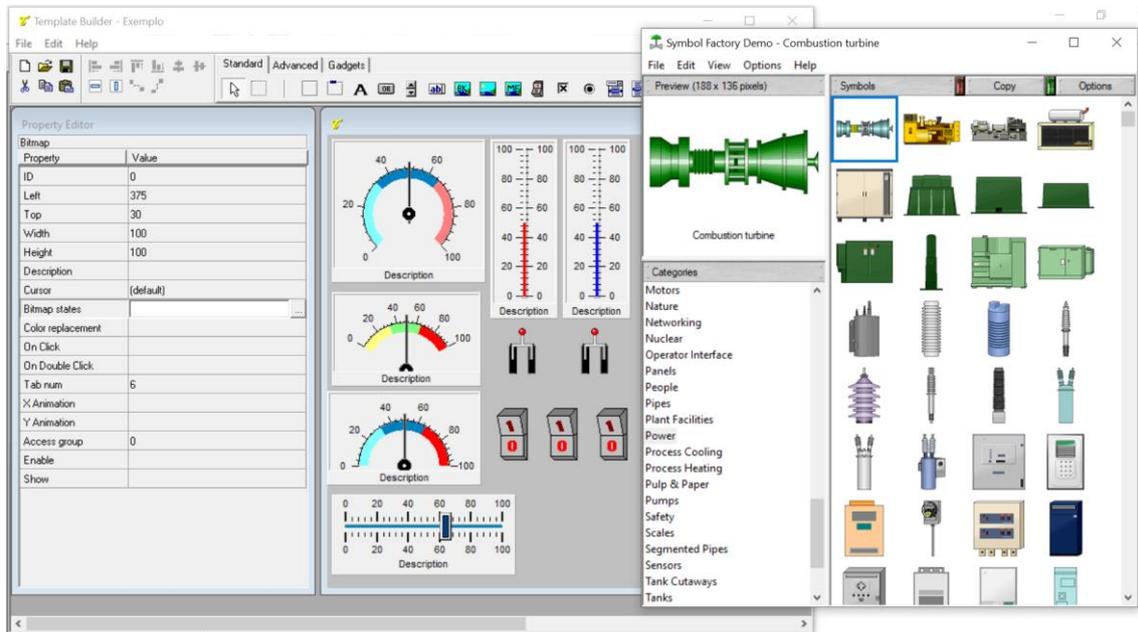
O Template Builder é a ferramenta utilizada para a criação das páginas de visualização dos aplicativos supervisórios. Nessas interfaces gráficas, denominadas templates, são exibidas as variáveis e os dados provenientes dos equipamentos monitorados.

A construção dos templates é feita a partir da inserção de objetos na tela do editor, com a posterior definição de suas propriedades, como estilo, dimensões e as tags às quais estarão vinculados. Esses objetos podem incluir imagens ou símbolos — tanto estáticos quanto animados — que representam equipamentos, além de elementos gráficos como textos, barras de progresso, indicadores com ponteiros, LEDs, visores numéricos, botões, chaves seletoras, entre outros ícones de controle.

O Template Builder disponibiliza uma biblioteca com diversos componentes prontos para uso e personalização, mas também possibilita a importação de objetos

criados externamente pelo usuário. Na Figura 3 é apresentada a edição de um template em andamento, bem como o conjunto de objetos disponibilizados pela biblioteca do editor para sua montagem.

Figura 3 – Janela do Template Builder do software Winlog Pro.



Fonte: Sielco Sistemi srl

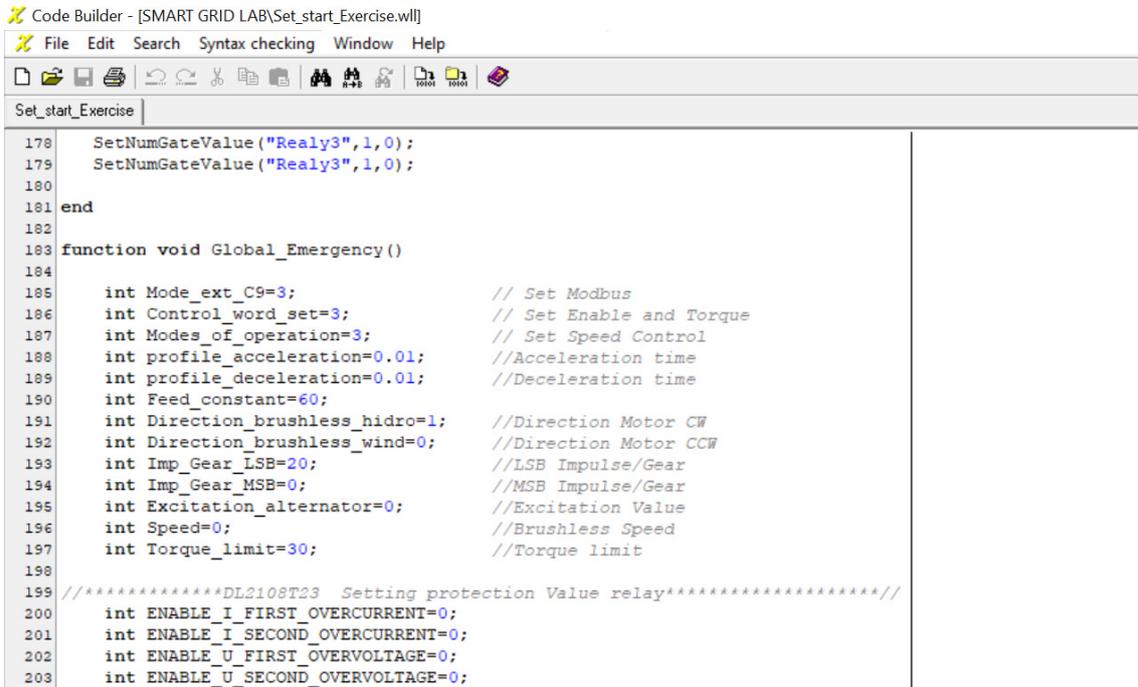
### 2.3.4 CODE BUILDER

O Code Builder é um ambiente dedicado à programação de rotinas utilizando linguagem de programação. Essa ferramenta permite que o programador interaja diretamente com os demais elementos do Winlog, como tags, modelos e templates.

Por meio do Code Builder, são disponibilizadas estruturas fundamentais de programação, como laços de repetição e instruções condicionais, além de um conjunto abrangente de funções úteis para a criação de aplicações SCADA. Entre essas funcionalidades, destacam-se a manipulação de arquivos de texto (criação, leitura e edição), a alteração de valores de variáveis com base em condições específicas, a execução de cálculos matemáticos, a importação de receitas, a geração de relatórios de produção e o envio automático de mensagens via e-mail ou SMS.

Uma tela de edição de código de um projeto desenvolvido no ambiente do Winlog é apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Janela do Code Builder do software Winlog Pro.



```

Code Builder - [SMART GRID LAB\Set_start_Exercise.wll]
File Edit Search Syntax checking Window Help
Set_start_Exercise
178 SetNumGateValue("Realy3",1,0);
179 SetNumGateValue("Realy3",1,0);
180
181 end
182
183 function void Global_Emergency()
184
185     int Mode_ext_C9=3;           // Set Modbus
186     int Control_word_set=3;     // Set Enable and Torque
187     int Modes_of_operation=3;  // Set Speed Control
188     int profile_acceleration=0.01; //Acceleration time
189     int profile_deceleration=0.01; //Deceleration time
190     int Feed_constant=60;
191     int Direction_brushless_hidro=1; //Direction Motor CW
192     int Direction_brushless_wind=0; //Direction Motor CCW
193     int Imp_Gear_LSB=20;        //LSB Impulse/Gear
194     int Imp_Gear_MSB=0;        //MSB Impulse/Gear
195     int Excitation_alternator=0; //Excitation Value
196     int Speed=0;               //Brushless Speed
197     int Torque_limit=30;       //Torque limit
198
199 //*****DL2108T23 Setting protection Value relay*****//
200     int ENABLE_I_FIRST_OVERCURRENT=0;
201     int ENABLE_I_SECOND_OVERCURRENT=0;
202     int ENABLE_U_FIRST_OVERVOLTAGE=0;
203     int ENABLE_U_SECOND_OVERVOLTAGE=0;

```

Fonte: Sielco Sistemi srl

## 2.4 WINLOG EVO

A versão demo do Winlog Evo está disponível gratuitamente no site da SIELCO SISTEMI e permite tanto o desenvolvimento quanto a execução de aplicativos supervisórios criados com seus recursos. Essa versão oferece acesso completo às ferramentas de programação, com exceção da biblioteca gráfica Industrial Gadgets ActiveX (SIELCO SISTEMI, s.d.).

Mesmo sendo gratuita, a versão demo não impõe restrições quanto à quantidade de variáveis que podem ser monitoradas, nem ao número de usuários autorizados a acessar o sistema remotamente, seja por navegador ou por smartphone. No entanto, há uma limitação relacionada ao tempo de execução dos aplicativos: cada sessão pode durar no máximo 120 minutos. Após esse período, a comunicação com os dispositivos externos é interrompida automaticamente.

Apesar dessa restrição, o software pode ser reiniciado, permitindo a retomada imediata da aplicação. Essa limitação de tempo não compromete o uso em contextos educacionais, já que o período de duas horas é suficiente para a realização dos experimentos práticos previstos em ambiente de laboratório.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção, será apresentado o processo de desenvolvimento da ideia central deste Trabalho de Conclusão de Curso, com a descrição dos materiais utilizados, como a bancada didática Smart Grid. Também será explicado de que forma esses recursos influenciaram na atualização do software Winlog, na programação de uma nova interface no sistema SCADA para um circuito a ser montada na bancada SMART GRID do laboratório.

#### 3.1 LABORATÓRIO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência (LABSEP), que integra a estrutura de laboratórios do Campus João Pessoa do Instituto Federal da Paraíba (IFPB). O LABSEP dispõe de equipamentos capazes de simular as principais etapas do sistema elétrico, incluindo geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, bem como sistemas de controle associados a esses processos.

As bancadas didáticas do laboratório são compostas por módulos que representam os principais componentes de um sistema elétrico de potência. O espaço é utilizado para atividades de pesquisa, aulas práticas e desenvolvimento de trabalhos acadêmicos, como os Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), entre outros.

#### 3.2 BANCADA DE SIMULAÇÃO

Dentre os equipamentos disponíveis no LABSEP, destaca-se o sistema de treinamento Smart Grid - DL SGWD, desenvolvido pela empresa italiana De Lorenzo, especializada em equipamentos voltados à formação técnica. Instalado em uma bancada, o Laboratório de Potência e Microgeração de Energia com Rede Smart Grid é formado por diversos módulos que representam componentes típicos de sistemas elétricos de potência.

Esse conjunto inclui módulos que simulam diferentes fontes de geração de energia, como eólica, hidrelétrica e solar; dispositivos de proteção contra falhas, como relés e disjuntores; sistemas de medição de grandezas elétricas, como tensão, corrente e potência; transformadores; unidades de controle de fator de potência; além de cargas passivas (resistivas, indutivas e capacitivas) e linhas de transmissão. Essa configuração

permite simular, de forma didática, a interação entre as etapas do sistema elétrico - geração, transmissão e distribuição - e os consumidores finais.

Na Figura 5 é apresentada a imagem da bancada utilizada nos experimentos.

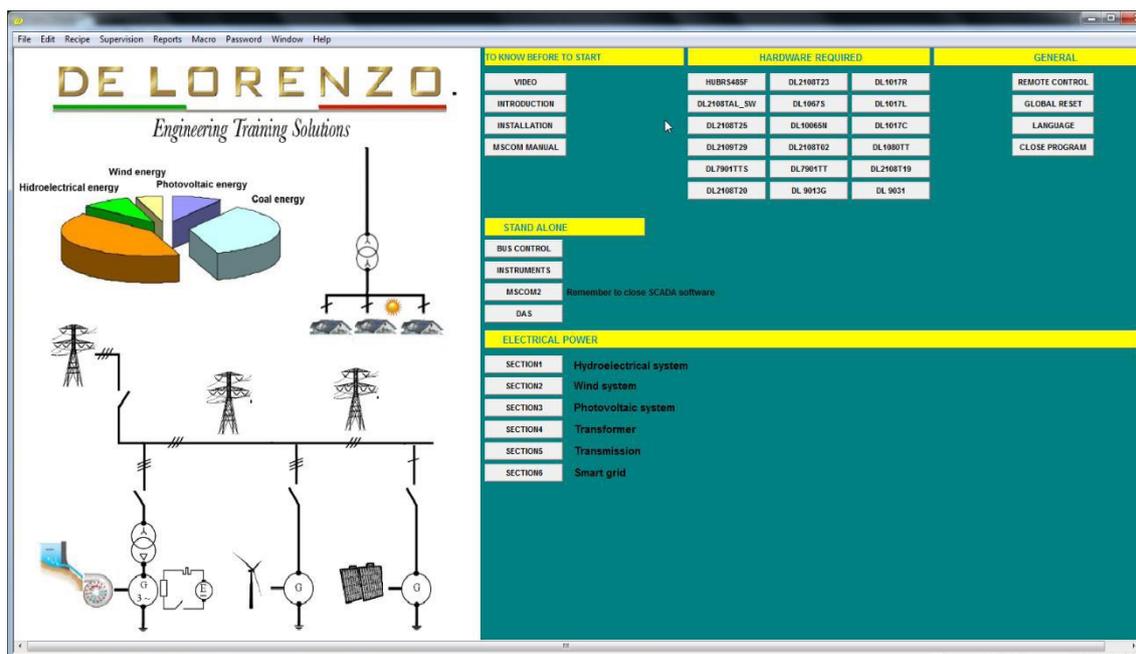
Figura 5 – Bancada Smart Grid presente no LABSEP



Fonte: Autoral

Um aplicativo SCADA é responsável pela leitura e armazenamento dos dados provenientes dos instrumentos de medição, bem como pelo controle dos atuadores presentes nos módulos da bancada De Lorenzo. Nela são utilizados o aplicativo SMART GRID LAB como supervisor e o Winlog Pro como software SCADA, ambos fornecidos com o próprio equipamento. A Figura 6 apresenta a tela inicial do sistema SMART GRID LAB, por meio da qual é possível acessar todos os parâmetros e controles disponibilizados pela bancada.

Figura 6 – Representação do Sistema SCADA da Bancada De Lorenzo.



Fonte: Sielco Sistemi srl

O conjunto da bancada acompanha um manual contendo a descrição de experimentos sugeridos para o sistema. No entanto, tanto professores quanto alunos têm a possibilidade de expandir esse repertório experimental. A modularidade dos componentes da bancada favorece a montagem de diversas configurações, permitindo o desenvolvimento de atividades voltadas ao ensino e à pesquisa.

Os módulos da bancada empregados na realização deste trabalho estão listados na Tabela 1 e serão descritos nos tópicos subsequentes.

Tabela 1 – Módulos da bancada De Lorenzo utilizados para simulação do circuito experimental.

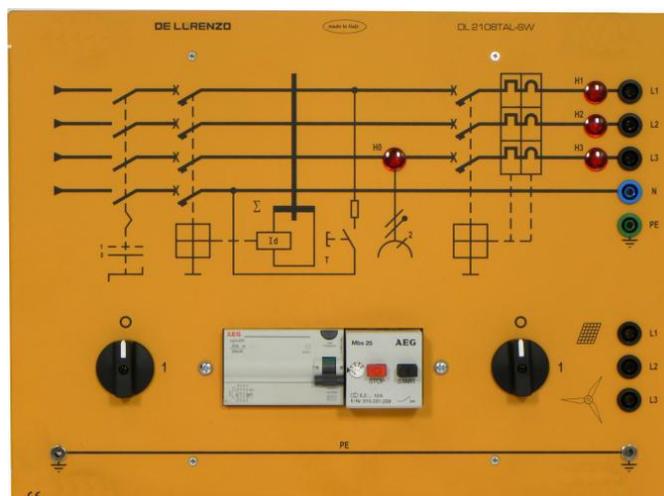
MÓDULOS	DESCRIÇÃO
DL 2108TAL-SW	Unidade de fornecimento trifásica
DL 10065N	Unidade de medição digital
DL 1080TT	Transformador trifásico
DL 2108T02	Disjuntor
DL 2109T29	Multimedidor trifásico
DL 7901TT	Linha de transmissão longa
DL 2108T23	Relé de proteção
DL 1017R	Módulo de carga resistiva
DL 1017L	Módulo de carga indutiva
DL 1017C	Módulo de carga capacitiva
DL HUBRS485F	Módulo Comunicação RS485

Fonte: Adaptado de (De Lorenzo, 2015).

### 3.2.1 MÓDULO DL 2108TAL-SW – UNIDADE DE FORNECIMENTO TRIFÁSICO

A unidade de fornecimento trifásico, mostrada na Figura 7, é alimentada pela rede trifásica de 380 V do LABSEP. O sistema conta com dois interruptores trifásicos responsáveis por acionar sua alimentação, sendo que um deles é destinado à simulação de uma fonte de energia eólica ou fotovoltaica. A proteção é realizada por um disjuntor de 25 A, com dispositivo diferencial residual (DR) de 30 mA de sensibilidade.

Figura 7 – Módulo DL 2108TAL-SW – Fonte Trifásica.



Fonte: De Lorenzo (2015).

### 3.2.2 MÓDULO DL 10065N – UNIDADE DE MEDIÇÃO DIGITAL

O módulo DL10065N (Figura 8) é composto por duas unidades de medição, uma dedicada a corrente contínua e outra dedicada a corrente alternada. Ele permite a medição de tensão, corrente, potência em circuitos de corrente contínua, bem como a medição de tensão, corrente, potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência e frequência no circuito de corrente alternada. As especificações do equipamento são apresentadas na Tabela 2.

Figura 8 – Módulo DL 10065N – Unidade de medição digital CC e CA.



Fonte: De Lorenzo (2015).

Tabela 2 – Especificações do Módulo DL 10065N.

MÓDULOS	DESCRIÇÃO
Tensão contínua (CC)	Até 300 V
Corrente contínua (CC)	Até 20 A
Tensão alternada (CA)	Até 450 V
Corrente alternada (CA)	Até 20 A
Potência máxima suportada	9000 W
Alimentação monofásica	90–260 V, 50/60 Hz
Comunicação	RS485 com protocolo MODBUS RTU

Fonte: Adaptado de (De Lorenzo, 2015).

### 3.2.3 MÓDULO DL 1080TT – TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

O módulo DL1080TT, mostrado na Figura 9, é um transformador trifásico utilizado para simular a alimentação de uma linha de transmissão de 380 kV, com um fator de escala de 1:1000 para a tensão e a corrente no lado secundário. O lado primário pode ser conectado em configuração estrela ou delta, dependendo das tensões de linha do sistema trifásico (380 V ou 220 V). O lado secundário pode ser conectado em delta, formando um sistema trifásico com tensão de linha de 220 V e tapes de ajuste em +5%, -5%, -10% e -15%, ou em configuração estrela, formando um sistema trifásico com tensão de linha de 380 V.

Figura 9 – Módulo DL 1080TT – Transformador trifásico.

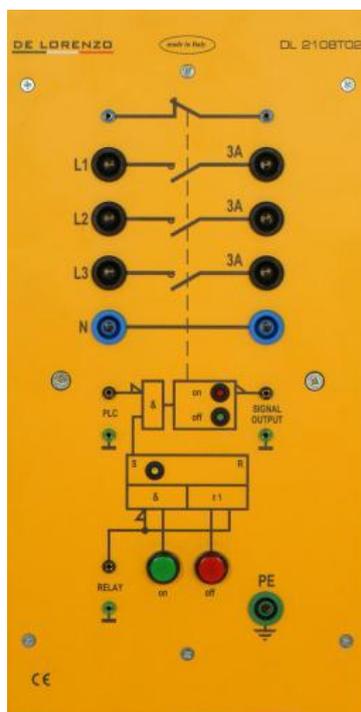


Fonte: De Lorenzo (2015)

### 3.2.4 MÓDULO DL 2108T02 – DISJUNTOR

O dispositivo DL 2108T02, ilustrado na Figura 10, é um disjuntor trifásico de potência, com possibilidade de acionamento local ou remoto, e com contato auxiliar normalmente fechado. Possui capacidade de carga dos de 400 V (rms) e corrente de 3 A por fase. Sua alimentação proveniente da rede elétrica monofásica.

Figura 10 – Módulo DL 2108T02 – Disjuntor.

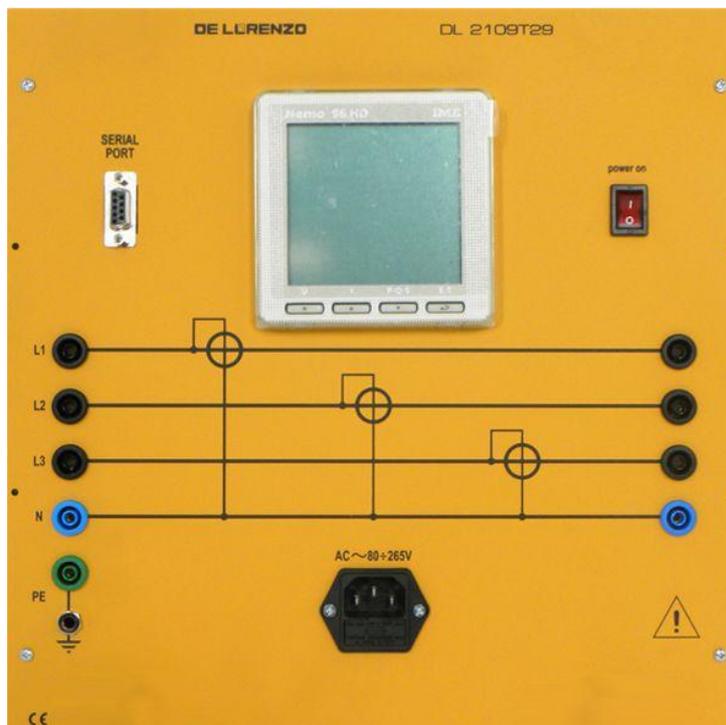


Fonte: De Lorenzo (2015)

### 3.2.5 MÓDULO DL 2109T29 – MULTIMEDIDOR TRIFÁSICO

Este módulo realiza medição de tensão, corrente, e das potências ativa, reativa e aparente. O multimetido é mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Módulo DL 2109T29 – Multimetro trifásico.

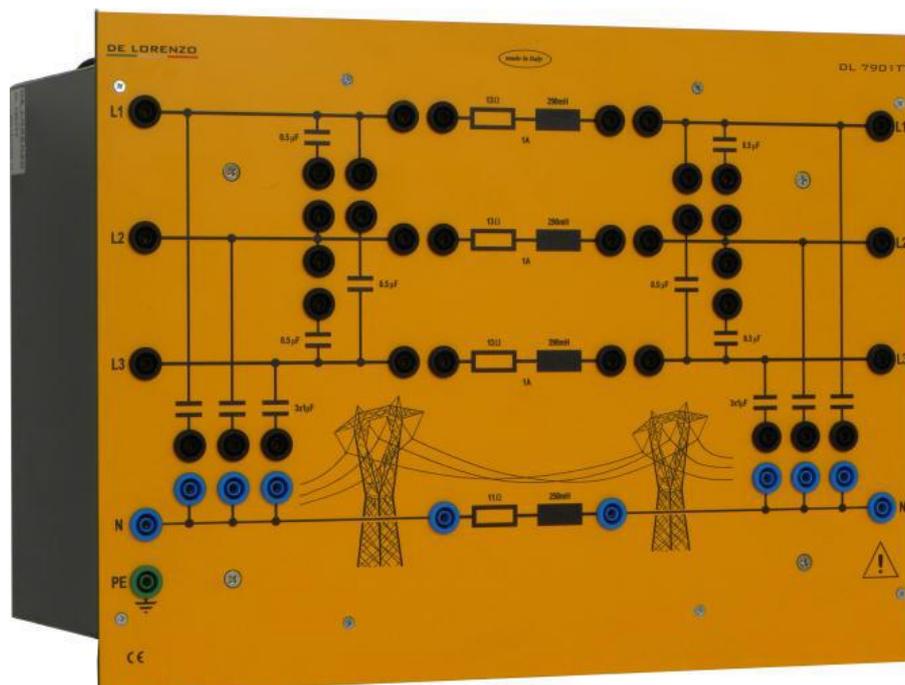


Fonte: De Lorenzo (2015)

### 3.2.6 MÓDULO DL 7901TT – LINHA DE TRANSMISSÃO LONGA

O módulo DL 7901TT corresponde à representação de uma linha de transmissão de longa distância e está ilustrado na Figura 12 com 360 km de extensão. Seus parâmetros estão listados na Tabela 3.

Figura 12 – Módulo DL 7901TT – Linha de transmissão longa.



Fonte: De Lorenzo (2015)

Tabela 3 - Especificações do Módulo DL 7901TT.

Parâmetro	Valor
Comprimento da linha	360 km
Resistência da linha	13 $\Omega$
Indutância da linha	290 mH
Capacitância mútua	0,5 $\mu$ F
Capacitância de aterramento	1 $\mu$ F
Resistência de aterramento	11 $\Omega$
Indutância de aterramento	250 mH

Fonte: Adaptado de (De Lorenzo, 2015).

### 3.2.7 MÓDULO DL 2108T23 – RELÉ DE PROTEÇÃO

O módulo DL 2108T23, ilustrado na Figura 13, é composto por um relé de proteção digital. Ao módulo também estão integrados transformadores de corrente (TC) e transformadores de potencial (TP). As entradas de corrente são fornecidas por quatro TCs: três destinados à medição das correntes de fase e um à medição da corrente de sequência zero, associada à falha de aterramento. As entradas de tensão, por sua vez, são fornecidas por quatro TPs: três para medição das tensões de fase em relação ao neutro e um para medição da tensão de sequência zero.

Figura 13 – Módulos DL 2108T23 – Relé de proteção

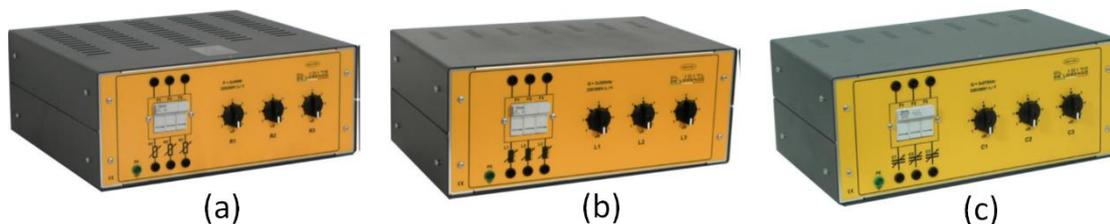


Fonte: De Lorenzo (2015).

### 3.2.8 MÓDULOS DE CARGA

A bancada Smart Grid possui três módulos de carga, conforme ilustrado na Figura 14, um módulo de cargas resistivas, um de cargas indutivas e outro de cargas capacitivas. Todos os módulos permitem conexões trifásicas nos modos estrela ou triângulo, em 220 V ou 380 V, sendo que cada fase pode ter sua carga ajustada para sete níveis distintos. A Tabela 4 apresenta os valores nominais de resistência, indutância e capacitância por fase, correspondentes a cada nível disponível nos módulos de carga.

Figura 14 – Módulos de carga (a) resistiva, (b) indutiva e (c) capacitiva.



Fonte: Adaptado de (De Lorenzo, 2015).

Tabela 4 – Dados nominais de resistências, capacitâncias e indutâncias dos módulos de carga.

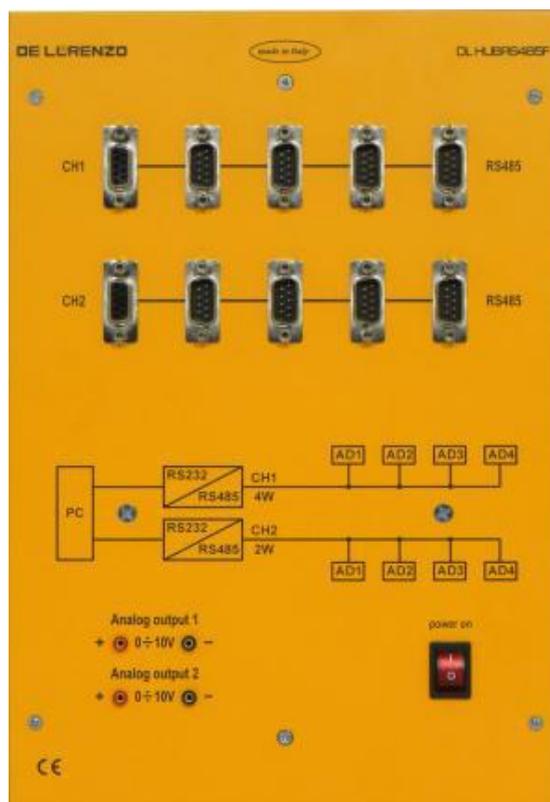
Posição	Resistência ( $\Omega$ )	Indutância (H)	Capacitância ( $\mu\text{F}$ )
1	1050	4,46	2
2	750	3,19	3
3	435	1,84	5
4	300	1,27	7
5	213	0,90	10
6	150	0,64	13
7	123	0,52	18

Fonte: Adaptado de (De Lorenzo, 2015).

### 3.2.9 MÓDULO DL HUBRS485F - HUB DE COMUNICAÇÃO

O módulo de comunicação permite a comunicação e o controle, via computador, dos módulos de medição e dos motores *brushless*. O módulo é exibido na Figura 15.

Figura 15 – Módulo DL HUBRS485F – HUB de comunicação.



Fonte: De Lorenzo (2015).

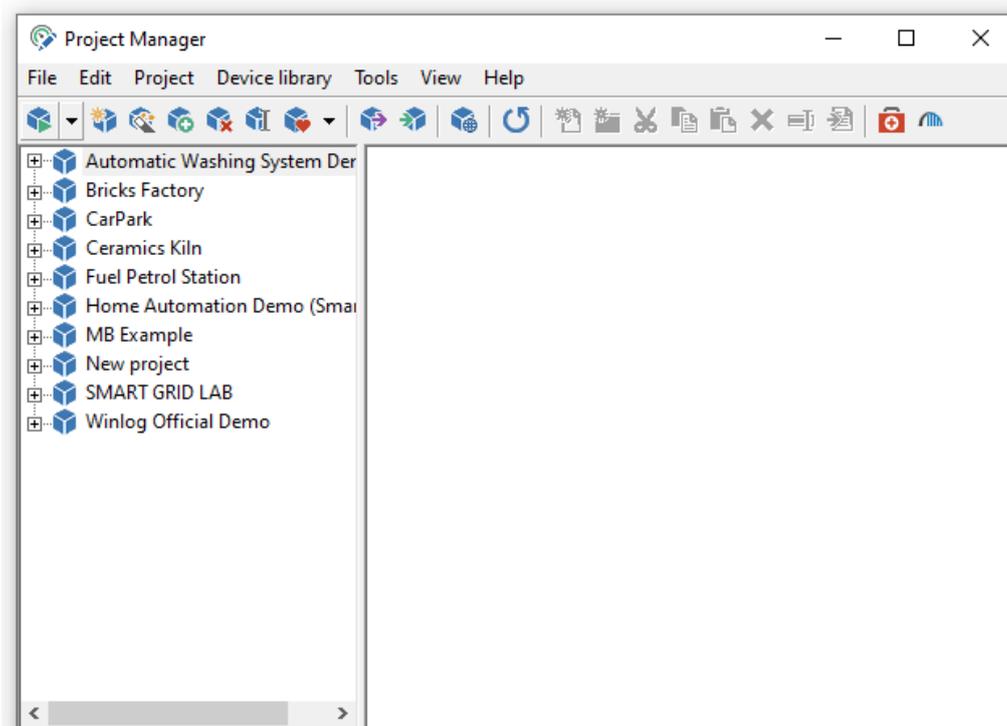
### 3.3 ATUALIZAÇÃO DO SOFTWARE WINLOG

O desenvolvimento deste trabalho teve início com a atualização do software de supervisão utilizado na bancada. O software SCADA originalmente fornecido com o kit educacional apresentava-se em uma versão bastante antiga, limitando a exploração de funcionalidades mais recentes. Dessa forma, foi proposta a avaliação da viabilidade de migração do sistema Winlog Pro para a versão mais atualizada, Winlog Evo, sem gerar custos para o Instituto Federal da Paraíba (IFPB).

Durante a análise, verificou-se que a versão Winlog Evo disponibiliza todas as ferramentas de programação em modo freeware, desde que o tempo de execução do projeto não ultrapasse duas horas contínuas — limitação compatível com o tempo médio de utilização dos equipamentos no ambiente do laboratório.

Com base nessa constatação, foi realizado o download e a instalação da versão mais recente do software. Em seguida, efetuaram-se testes de compatibilidade com as interfaces existentes no kit didático, além da exploração das novas funcionalidades oferecidas pela atualização, a fim de garantir o pleno funcionamento do sistema no contexto das atividades práticas propostas. Na Figura 16 é apresentada uma janela da nova versão do software.

Figura 16 – Janela do Project Manager da nova versão do software Winlog Evo.

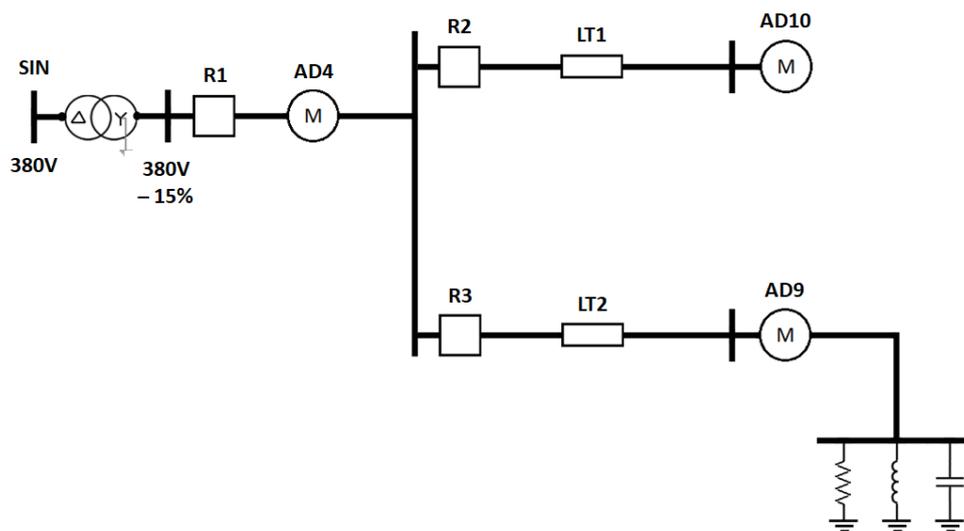


Fonte: Sielco Sistemi srl

### 3.4 DESENVOLVIMENTO DA NOVA INTERFACE

Para a montagem do experimento na bancada didática Smart Grid De Lorenzo, foi desenvolvido o circuito ilustrado na Figura 17. Na criação da interface supervisória, buscou-se adotar um layout mais alinhado com os padrões comumente utilizados no mercado de trabalho.

Figura 17 – Desenho esquemático do circuito a ser montado na bancada didática.

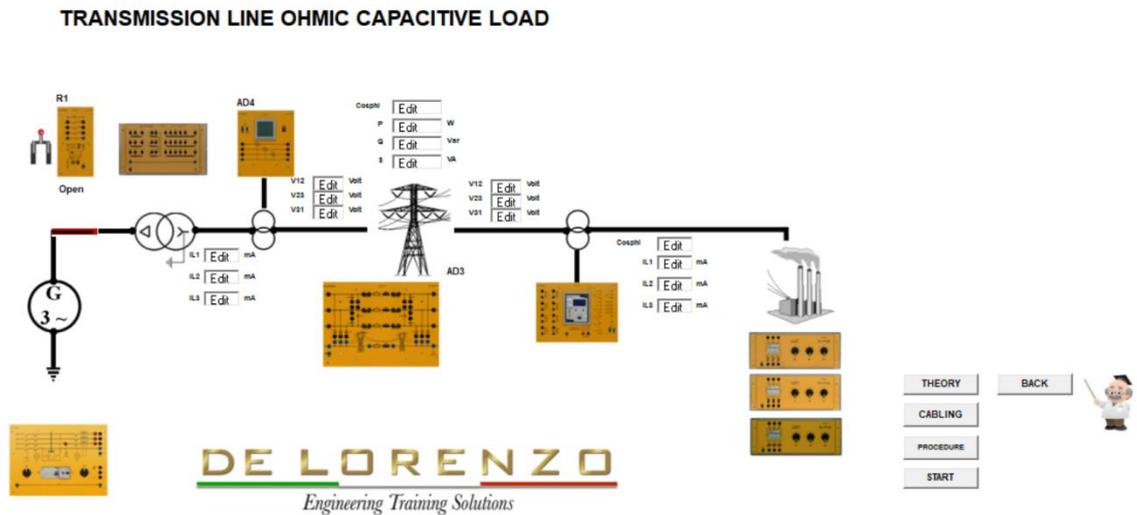


Fonte: Autoria Própria

Optou-se por desenvolver a nova interface a partir de uma já existente no aplicativo SCADA original da bancada De Lorenzo. Essa abordagem mostrou-se bastante conveniente, uma vez que permitiu o reaproveitamento de configurações e funcionalidades já implementadas e em pleno funcionamento no sistema supervisório. Entre essas configurações, destaca-se o banco de dados de variáveis já cadastrado, cuja edição, se necessária, poderia ser realizada por meio da ferramenta Gate Builder do Winlog. No entanto, nenhuma modificação foi necessária nesse aspecto.

Para a edição do supervisório do novo circuito, foi utilizada a versão Winlog Evo. Para isso, uma cópia da pasta contendo os arquivos do aplicativo SMART GRID LAB, originalmente executado no Winlog Pro, foi adicionada à lista de projetos do Winlog Evo. O template utilizado como base para a nova interface foi retirado da seção de Sistemas de Transmissão do conjunto de experimentos do aplicativo SMART GRID LAB, especificamente do exercício referente a uma linha de transmissão com carga resistiva-capacitiva. Uma imagem desse template pode ser observada na Figura 18.

Figura 18 – Template de exercício do aplicativo SMART GRID LAB.

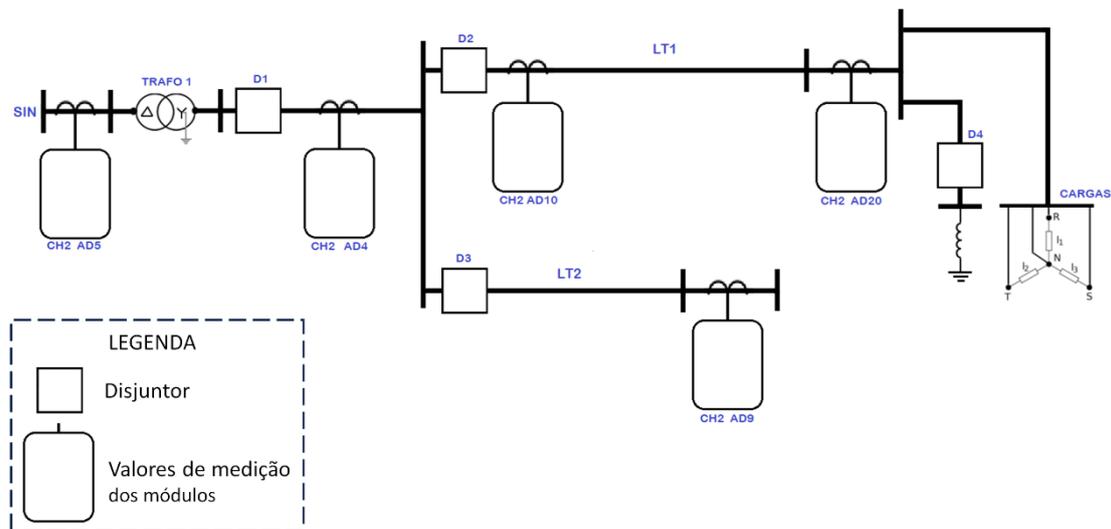


Fonte: Sielco Sistemi srl

Na Figura 18, é possível identificar que, além do diagrama elétrico unifilar, os elementos do circuito são acompanhados pelas imagens frontais dos respectivos módulos da bancada, posicionadas ao lado dos símbolos correspondentes no diagrama. Próximo aos equipamentos de medição, são exibidos campos nos quais os valores aferidos pelos medidores são apresentados. Ao lado dos disjuntores, encontram-se ícones animados de chaves que permitem o acionamento (abertura ou fechamento) dos respectivos módulos, além de indicar visualmente seu estado. De modo geral, todos os templates dos circuitos do aplicativo seguem esse mesmo padrão.

A edição do novo template foi realizada por meio da ferramenta Template Builder, pertencente ao pacote Winlog. Com o objetivo de simplificar o layout, optou-se pela remoção das imagens dos módulos físicos, mantendo apenas o diagrama unifilar. Para isso, a imagem de fundo do template foi substituída por um novo arquivo gráfico (Figura 19), contendo o diagrama unifilar do circuito proposto, com a posição dos módulos disjuntores e dos módulos medidores previamente definida.

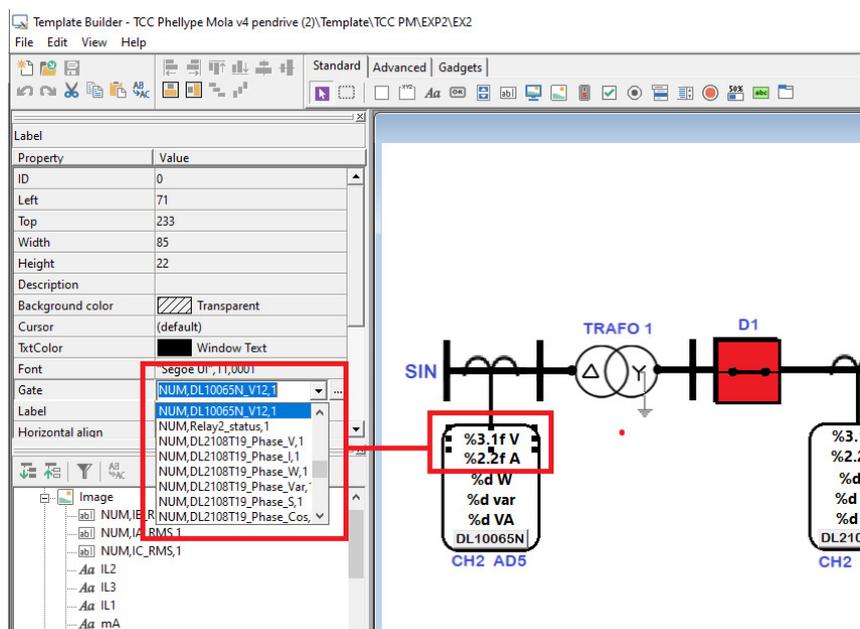
Figura 19 – Imagem do template da nova interface.



Fonte: Adaptado de Sielco Sistemi srl

Em seguida, foram adicionados os campos responsáveis pela exibição dos valores das variáveis provenientes dos módulos de medição. Entre as opções de mostradores oferecidas pelo Template Builder, escolheu-se o formato de texto. Após selecionar essa opção no menu, basta posicionar o mostrador no local desejado no *template* e, em seguida, configurar suas propriedades. Na Figura 20 é ilustrada a edição de um desses campos, destacando o endereçamento da variável (*gate*) correspondente, que, no exemplo da figura, refere-se a um valor de tensão fornecido pelo módulo medidor digital DL 10065N.

Figura 20 – Detalhe de edição de um template.



Fonte: Sielco Sistemi srl

No que se refere ao controle dos disjuntores, os ícones de acionamento que anteriormente eram posicionados ao lado dos símbolos foram reposicionados diretamente acima dos respectivos disjuntores, permitindo sua operação por meio de cliques sobre o próprio símbolo no diagrama. Esses ícones foram configurados para indicar três estados distintos do equipamento: aberto, fechado ou indefinido. Este último é utilizado durante a inicialização da leitura de dados da bancada ou em situações de falha na comunicação com os módulos. As representações gráficas desses três estados estão ilustradas na Figura 21. Os símbolos foram criados utilizando um editor gráfico simples e inseridos no diretório de imagens do aplicativo, tornando-os disponíveis para uso no template. O procedimento de inserção e endereçamento de um ícone de controle segue os mesmos princípios utilizados na configuração dos mostradores de variáveis.

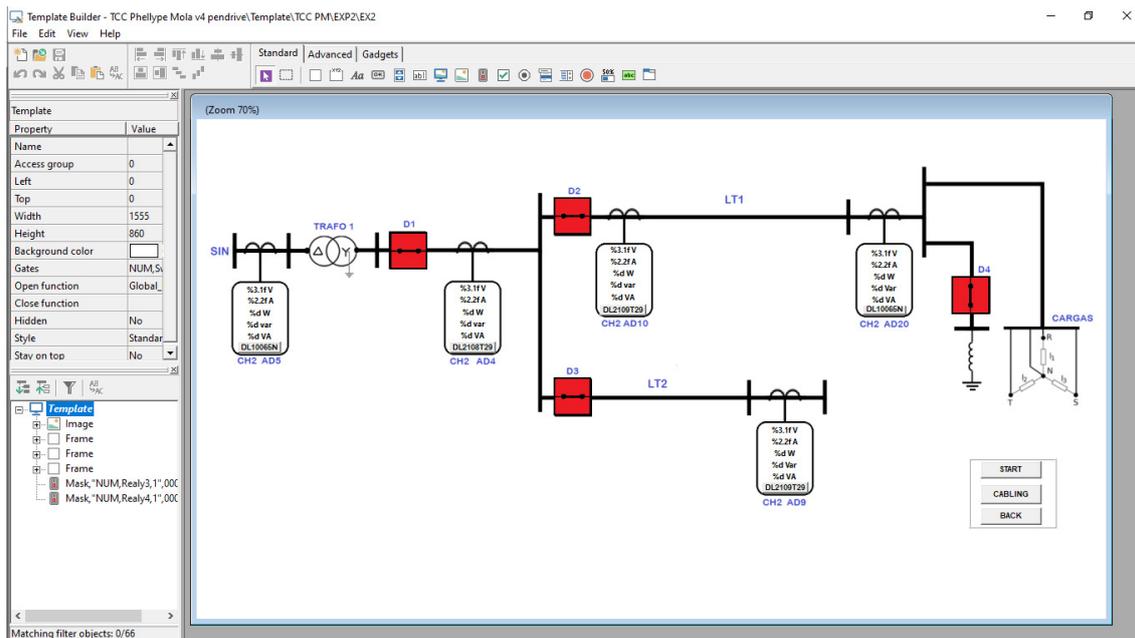
Figura 21 – Ícones que representam os estados dos módulos relés.



Fonte: Autoria Própria.

Após todos os ajustes e configurações, o layout final do circuito é exibido na Figura 22.

Figura 22 – Layout final da nova interface desenvolvida.



Fonte: Sielco Sistemi srl

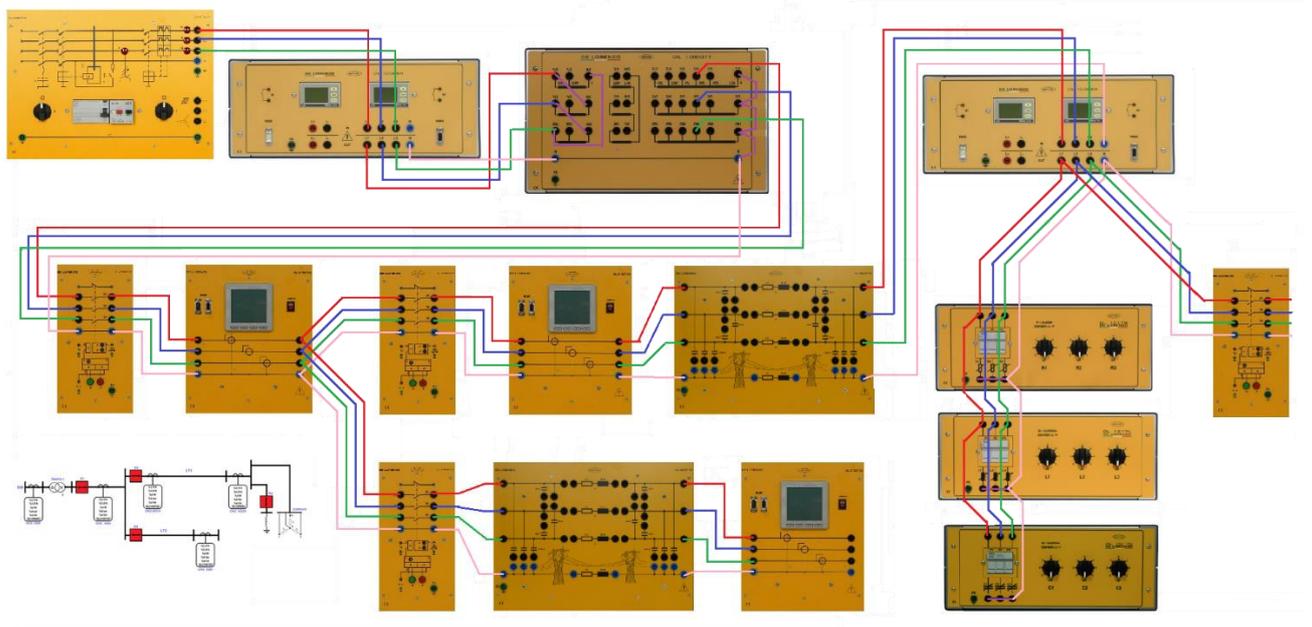
Com a interface finalizada, foi realizada a montagem física do circuito na bancada didática, conforme mostrado na Figura 23. O esquema de ligação entre os módulos encontra-se ilustrado na Figura 24. Para validação do sistema, foram realizados diversos ensaios experimentais na bancada, utilizando a interface desenvolvida como ferramenta de monitoramento e controle.

Figura 23 – Montagem do experimento para testes na bancada didática Smart Grid.



Fonte: Autoria Própria

Figura 24 – Esquema de ligação entre os módulos do circuito experimental.

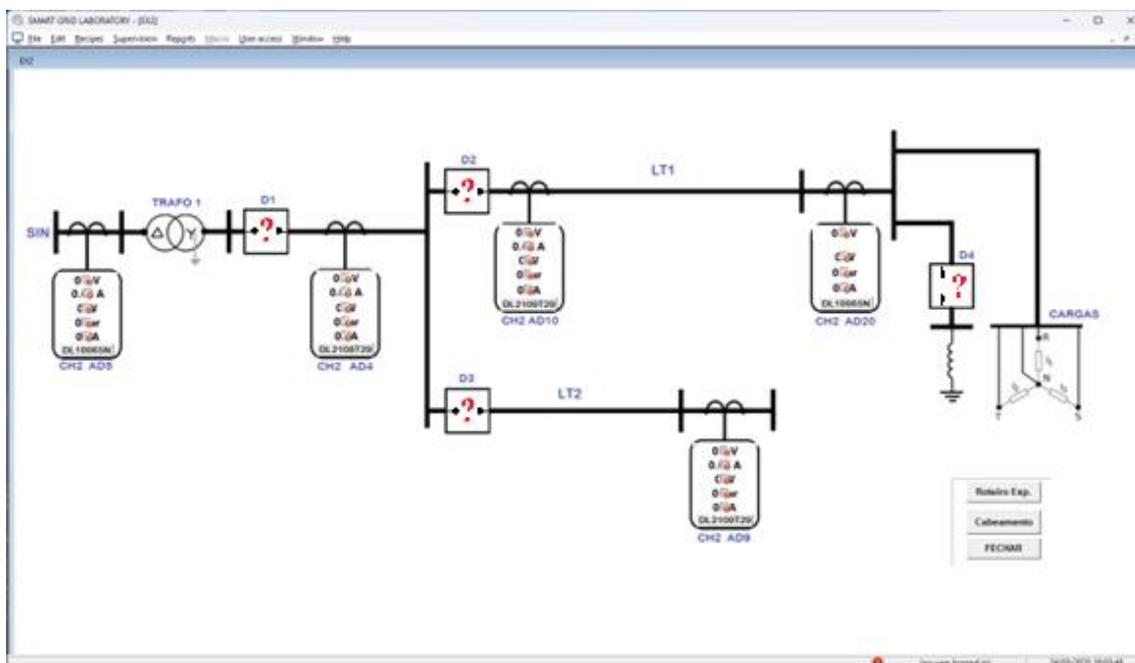


Fonte: Adaptado de (De Lorenzo).

## 4 RESULTADOS

Nas condições dos ensaios realizados, foi possível obter corretamente as leituras das tensões de fase e de linha, evidenciando de forma clara os efeitos do fenômeno Ferranti (devido à característica capacitiva das linhas), bem como os impactos relacionados às perdas e à variação de cargas. O controle de abertura e fechamento dos disjuntores também funcionou conforme o esperado. Na Figura 25 é apresentada uma captura da tela do computador da bancada com a interface do circuito em execução. Nessa figura, observa-se que todos os relés se encontram em estado indefinido, em razão da desconexão da bancada do computador no momento da captura.

Figura 25 – Captura do layout da nova interface durante execução do aplicativo.



Fonte: Sielco Sistemi srl

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma interface SCADA para um circuito didático a ser utilizado no Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência (LABSEP), com foco na simulação de funções de proteção em sistemas elétricos, como sobrecorrente, sobretensão e falta fase-terra. A proposta incluiu a atualização do software SCADA da bancada, a criação de uma interface gráfica mais próxima das práticas do setor elétrico e a validação do sistema em atividades experimentais.

A substituição do Winlog Pro pela versão Winlog Evo demonstrou compatibilidade total com o hardware da bancada De Lorenzo, sem apresentar falhas de comunicação. A nova interface possibilitou a leitura simultânea de variáveis elétricas relevantes, como tensões, correntes, potências ativa, reativa e aparente, além do fator de potência, reunindo todas essas informações em uma única tela. O controle de abertura e fechamento dos disjuntores também funcionou corretamente, conforme configurado, contribuindo para a fidelidade das simulações e o realismo do experimento.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que todos os objetivos propostos foram plenamente alcançados. A solução desenvolvida facilita a realização dos ensaios práticos, torna o processo de ensino mais dinâmico e aproxima os alunos das ferramentas utilizadas no mercado profissional. Como trabalhos futuros, recomenda-se a expansão da interface para outros circuitos da bancada, bem como a inclusão de funcionalidades adicionais, como geração de relatórios e registros automáticos de falhas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE LORENZO. Manual de Instrução do Laboratório de Rede Elétrica Supervisionada Smart Grid DL SGWD. 2016.

DE LORENZO. Manuais de Painéis do Laboratório de Rede Elétrica Supervisionada Smart Grid DL SGWD. 2015.

DE LORENZO. Smart Grid DL SGWD. s.d.

SIELCO SISTEMI. O que é SCADA. Acesso em 22 de 06 de 2025, disponível em Sielco Sistemi: <https://www.sielcosistemi.com/pt/o-que-%C3%A9-scada.html#what-is-scada>

SIELCO SISTEMI. O que é o software SCADA. Acesso em 23 de 06 de 2025, disponível em Sielco Sistemi: <https://www.sielcosistemi.com/pt/o-que-%C3%A9-scada.html#what-is-scada>

SIELCO SISTEMI. Principais características do Winlog. Acesso em 23 de 06 de 2025, disponível em Sielco Sistemi: [https://www.sielcosistemi.com/pt/products/winlog\\_scada\\_hmi/winlog.html](https://www.sielcosistemi.com/pt/products/winlog_scada_hmi/winlog.html)

SIELCO SISTEMI. Winlog Evo, software SCADA HMI. Acesso em 28 de 06 de 2025, disponível em Sielco Sistemi: [https://www.sielcosistemi.com/pt/download/public/winlog\\_evo.html](https://www.sielcosistemi.com/pt/download/public/winlog_evo.html)

	<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

## Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

### TCC - Phellype Mola Pessoa Braga

<b>Assunto:</b>	TCC - Phellype Mola Pessoa Braga
<b>Assinado por:</b>	Phellype Mola
<b>Tipo do Documento:</b>	Anexo
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Ostensivo (Público)
<b>Tipo do Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Phellype Mola Pessoa Braga, ALUNO (20111610073) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 29/08/2025 15:34:00.

Este documento foi armazenado no SUAP em 29/08/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1590962

Código de Autenticação: d81de41515

