



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Estágio na Prisnov - Indústria de Quadros Elétricos e Automatismos

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Autor

Flávio André Gonçalves Ferrão

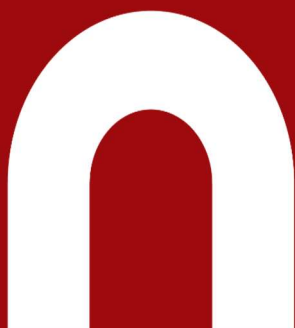
Orientador

Carlos Jorge Coelho Teixeira

Supervisor na empresa Prisnov

Jorge Manuel Tenente dos Santos

Coimbra, junho de 2024



INSTITUTO
POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

RESUMO

O presente relatório descreve as atividades desenvolvidas durante o estágio realizado na empresa Prisnov - Indústria de quadros elétricos e automatismos, com o objetivo de obter o grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica. O estágio teve como foco, aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso de Licenciatura e Mestrado em contexto real de trabalho.

Numa primeira fase o estágio teve como objetivo a integração nas atividades normais da empresa, incluindo a conceção e montagem de quadros elétricos, bem como a familiarização com ferramentas de software específicas e normas técnicas. As atividades desenvolvidas incluíram a análise e interpretação de projetos, orçamentação, pesquisa e de documentação técnica. O relatório abrange os procedimentos de ensaio, embalagem e expedição dos quadros elétricos, destacando a importância da segurança e eficiência na distribuição de energia elétrica.

Numa segunda fase foi-me entregue pela Prisnov um desafio de criar uma ferramenta para guardar documentação (esquema elétrico atualizado, certificados, *datasheets*) do quadro elétrico e estar acessível em qualquer altura a qualquer pessoa que tenha de fazer alguma intervenção.

Palavras-chave: Quadros Elétricos, Prisnov.

ABSTRACT

The present report describes the activities carried out during the internship at Prisnov - electrical boards and automation industry, aimed at obtaining a Master's degree in Electrical Engineering. The internship focused on the practical application of the theoretical knowledge acquired throughout the Bachelor's and Master's courses.

In the initial phase, the internship aimed to integrate into the company's regular activities, including the design and assembly of electrical panels, as well as familiarization with specific software tools and relevant technical standards. The activities included the analysis and interpretation of projects, budgeting, research, and technical documentation. The report also covers the procedures for testing, packaging, and shipping of electrical panels, highlighting the importance of safety and efficiency in electrical energy distribution.

In the second phase, Prisnov it was assigned the challenge of creating a tool to store documentation (updated electrical schematics, certificates, datasheets) for each electrical panel, making it accessible at any time to anyone needing to perform any intervention.

Keywords: Electrical Panels, Prisnov.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro tenho de expressar minha mais profunda gratidão a minha família e amigos, em especial a minha mãe Laurinda Marques, irmã Soraia Ferrão e cunhado José Moreira que tornaram tudo possível, sempre presentes e fornecendo motivação desde o primeiro dia.

Também gostaria de expressar minha gratidão e reconhecimento ao Senhor Jorge Santos por me ter dado esta oportunidade de realizar o meu estágio de Mestrado na Prisnov. Desde o início, fui muito bem recebido por todos e tive a oportunidade de aprender muito com cada um dos trabalhadores, nomeadamente José, Hélio, Nuno, Joel, Hipólito, Gabriel, Iosif, Gheorghe, Henrique e Humberto.

Um agradecimento especial ao Ricardo Silva, Engenheiro João Povoas e ao Engenheiro João Baião que me acompanharam diariamente dentro da Prisnov durante todo o meu estágio, sempre que tinha alguma dúvida por mais simples que ela fosse ou precisasse de alguma ajuda eles sempre estiveram presentes.

Agradecer também a companhia que me fizeram durante os almoços, pelas piadas e conversas que ajudaram a descomprimir e a sentir-me integrado.

Às pessoas do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, desde funcionários, docentes e a colegas de curso, nomeadamente Engenheiro Nuno carvalho, Engenheiro Francisco Figueira e Engenheiro Rui Gomes que foram sempre prestáveis durante todo o meu tempo no Mestrado. Ao meu Professor Orientador Carlos Coelho e Professor Fernando Lopes por toda a dedicação e ajuda que me deram durante o meu mestrado na procura de empresa para a conclusão do mesmo e para elaboração deste relatório de estágio.

Sem vocês nada disto teria sido possível, o meu eterno obrigado!

Atenciosamente,

Flávio Ferrão

ÍNDICE

Índice de figuras.....	v
Lista de siglas e acrónimos	ix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento técnico do tema de Estágio.....	1
1.2 Objetivos do estágio	3
1.3 Estrutura do Relatório.....	4
2 Apresentação e caracterização da entidade de Estágio	5
2.1 História com mais de 20 anos	5
2.2 Áreas de atividade	8
2.2.1 Quadros de máquinas e processos industriais	8
2.2.2 Quadros de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC)	9
2.2.3 Quadros para o setor das águas	10
2.2.4 Quadros de distribuição de energia elétrica	11
3 Etapas de Fabrico de um quadro elétrico.....	13
3.1 Análise de projeto e orçamentação	14
3.2 <i>Layout</i> e Esquema Elétrico.....	14
3.2.1 <i>Layout</i>	14
3.2.2 Esquema elétrico	15
3.3 Preparação de obra	16
3.4 Eletrificação	19
3.5 Identificação.....	22
3.6 Verificação e Ensaios.....	25
3.6.1 Verificação Visual.....	26
3.6.2 Ensaios e Medições	26
3.6.3 Ensaio de Isolamento elétrico	27
3.6.4 Ensaio de rigidez dielétrica.....	28
3.7 Embalagem e Expedição.....	30
4 Atividades Desenvolvidas	31
4.1 Digitalização de Quadros Elétricos.....	31
4.1.1 Planeamento do sistema	31

4.1.2	Funcionamento do sistema	32
4.2	Projetos.....	34
4.3	Orçamentação.....	37
4.4	<i>Layouts</i>	40
4.5	Ensaaios	42
4.5.1	Preparação	43
4.5.2	Circuitos de medida.....	44
4.5.3	Circuito de comando e sinalização	45
5	Conclusões.....	47
	Referências bibliográficas	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Instalações da Prisnov	6
Figura 2 - Certificado Hager System Partner para Quadros até 4000 A.	6
Figura 3 - Certificado quadrista Premier Plus Schneider para Quadros até 4000 A.	7
Figura 4 - Exemplo de uma máquina (grua) que utiliza quadros construídos pela Prisnov.....	8
Figura 5 - Exemplo de quadro fabricado para o cliente Valsteam.....	8
Figura 6 - Interior de quadro para central de congelação e ilha frigorífica.	9
Figura 7 - Exterior de um quadro para central de congelação e ilha frigorífica	10
Figura 8 - Quadro para instalação de controlo e bombagem de águas.	11
Figura 9 - QGBT de Hospital Pediátrico.	11
Figura 10 - Esquema Elétrico no Software EPLAN P8.	15
Figura 11 - Orçamento da Obra.....	16
Figura 12 - Ficha de pré-abertura de obra.....	17
Figura 13 - Armazém de consumíveis elétricos.....	18
Figura 14 - Armazém de obras.	18
Figura 15 - Bancada de trabalho.....	19
Figura 16 - <i>Software</i> Synology Drive.	20
Figura 17 - Estrutura do quadro elétrico HAGER.....	20
Figura 18 - Quadro com os equipamentos elétricos e calhas.	21
Figura 19 - Quadro eletrificado.	22

Figura 20 - Identificação Exterior do Quadro Elétrico.....	23
Figura 21 - Chapa de Características de Quadro Elétrico.....	23
Figura 22 - Etiquetas de equipamentos elétricos.....	24
Figura 23 - Etiquetas para régua de bornes e para cablagem.....	24
Figura 24 - Etiquetas em trafolite para identificação de equipamentos.	25
Figura 25 - Bancada de ensaios elétricos.....	27
Figura 26 - Megaohmímetro.	28
Figura 27 - Equipamento de teste de rigidez dielétrica.	29
Figura 28 - Quadro pronto para expedição.	30
Figura 29 - Organização de pastas no repositório.	33
Figura 30 - Organização de uma pasta relativa a uma obra.	33
Figura 31 - Organização de documentação (<i>datasheets</i>).....	34
Figura 32 - Organização de documentação (certificados).....	34
Figura 33 - Esquema multifilar do Quadro projetado – entrada.....	36
Figura 34 - Esquema multifilar do Quadro projetado – saídas (I).....	36
Figura 35 - Esquema multifilar do Quadro projetado – saídas (II).	37
Figura 36 - Orçamento por lista de materiais, usando HagerCAD.	38
Figura 37 - Orçamento por esquema, usando HagerCAD.....	38
Figura 38 - <i>Layout</i> do quadro.	39
Figura 39 - Orçamento final.	40
Figura 40 - Proposta de layout enviada ao cliente.....	41
Figura 41 - Quadro a ser ensaiado.	42
Figura 42 - Certificador multifunções para instalações.	43
Figura 43 - Folha de registos de ensaio.	44

Figura 44 - Protocolo de ensaio - circuitos de medida.....45

Figura 45 - Verificação de escalões.....46

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AC	Corrente Alternada
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CE	Comunidade Europeia
CNI	Carlos Nunes e Irmãos
DC	Corrente Contínua
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ETCS	<i>European Credit Transfer System</i>
FAT	<i>Factory Acceptance Test</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IK	Índice de Proteção - impactos mecânicos
IP	Índice de Proteção - penetração de sólidos e líquidos
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
MEE	Mestrado em Energia Eletrotécnica
NP	Norma Portuguesa
PLC	Controlador Lógico Programável
PT	Posto de Transformação
QE	Quadro Elétrico
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RCF	Registos Corta Fogo
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω	Ohms
I_{cc}	Corrente de Curto Circuito

1 INTRODUÇÃO

O Mestrado em Engenharia Eletrotécnica lecionado pelo no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra possibilita, no segundo ano curricular, a realização de uma Dissertação, de um Projeto ou de um Estágio, correspondentes (qualquer deles) a 54 ECTS. A opção pelo Estágio teve em vista a possibilidade de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo dos cursos de Licenciatura e de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, numa vertente muito importante da Engenharia Eletrotécnica, nomeadamente o projeto e execução de quadros elétricos, quer de potência quer de automação e comando.

O Estágio foi realizado na Prisnov - Indústria de Quadros Elétricos e Automatismos, com instalações na Zona Industrial de Taveiro, em Coimbra, e decorreu entre 23/01/2023 e 31/08/2023.

1.1 Enquadramento técnico do tema de Estágio

Um quadro elétrico tem como principal objetivo a distribuição, de forma segura, controlada e eficiente, de energia elétrica pelos diversos circuitos de uma residência, indústria, edifício ou outra instalação. É um elemento fundamental para garantir a segurança, eficiência e funcionalidade dos sistemas de alimentação, distribuição e utilização de energia elétrica, e deverá permitir acompanhar a constante evolução da tecnologia e dos consumos energéticos associados.

A constituição de um quadro elétrico pode variar consoante o objetivo para o qual foi desenvolvido, mas existem componentes que são comuns a todos eles, nomeadamente, o invólucro, os aparelhos de proteção, os aparelhos de manobra e barramentos de distribuição (que nos pequenos quadros poderão não existir). O invólucro tem como objetivo o suporte e proteção mecânica dos componentes que nele estão contidos, nomeadamente a aparelhagem elétrica, as conexões internas,

bornes de saída e bornes de chegada da instalação. Os aparelhos de proteção podem ser disjuntores, fusíveis e proteções diferenciais, e visam a proteção de circuitos contra sobrecargas, curto-circuitos, bem como detetar fugas de corrente que configurem potenciais riscos para os utilizadores (contactos indiretos). Entre os aparelhos de manobra podem referir-se os interruptores e os inversores de rede que permitem ligar e desligar a alimentação de todo o quadro, de partes deste ou de circuitos individuais, bem como fazer a comutação (manual ou automática) de fonte de alimentação, quando existam mais que uma (alimentação pela rede ou por gerador, por exemplo).

Os quadros de automação têm como principal função o controlo e monitorização de processos automáticos em sistemas industriais, comerciais ou residenciais. Para além de elementos genéricos de um quadro elétrico, é possível encontrar autómatos, analisadores/contadores de energia, variadores de velocidade, arrancadores suaves, contactores, disjuntores-motor e relés. Os relés são versáteis e essenciais em diversos sistemas elétricos e de automação, permitindo o controlo de um circuito elétrico por meio de um sinal de entrada de baixa potência (Ensinando eletrica, 2024) possibilitando um controlo preciso e confiável de circuitos elétricos. Como exemplo, em quadros de AVAC é comum usar relé de sequência e falta de fase; em caso de falha na alimentação de energia elétrica, é necessário assegurar, após reposição do serviço, que a sequência das fases (RST) está correta para que os motores não rodem no sentido inverso, o que pode causar danos mecânicos ou falha na operação do sistema.

Uma boa execução (eletrificação) de Quadros Elétricos requer que o projeto elétrico (esquema unifilar e de comando) recebido do cliente seja verificado e transformado num projeto de execução e montagem que assegure o cumprimento de requisitos técnicos específicos, e que seja realizável na prática. Por vezes, em quadros novos é necessário interagir com o projetista de forma a realizar modificações e/ou correções ao projeto inicial, para acomodar determinadas soluções construtivas. Em remodelações/ampliações de Quadros, a interação entre

cliente/projetista e entidade fabricante é ainda mais relevante, na medida em que será sempre necessário validar previamente certas alterações, em termos de viabilidade de execução. Uma vez executados, os quadros elétricos devem (em regra) ser submetidos a um conjunto de ensaios definidos por normativos legais aplicáveis ou por imposição do cliente.

1.2 Objetivos do estágio

Para o estágio foram definidos um conjunto de objetivos gerais, que conjugam a formação académica de base com a atividade da Entidade de Acolhimento, bem como alguns objetivos mais específicos que foram sendo refinados com o decurso do estágio.

Foram definidos como objetivos gerais a integração do estagiário nas atividades normais da entidade de Acolhimento, em tarefas compatíveis com a sua formação de base, sem prejuízo da exposição a temas menos trabalhados ou à utilização de ferramentas em uso na Empresa, fosse em aprendizagem apoiada por outros colaboradores, em autoaprendizagem ou formação por entidade externa. Foram ainda definidos como objetivos gerais, a integração do estagiário na atividade de desenho/projeto de execução de quadros elétricos e complementarmente, o acompanhamento de montagem de quadros e de ensaios finais, bem como o contacto com outras áreas de atividade da empresa.

Como objetivos específicos, foram definidos, entre outros, os seguintes:

- Conhecer e utilizar os catálogos de produtos com os quais a Empresa trabalha (Hager e Schneider, entre outros);
- Analisar e interpretar projetos/esquemas anteriormente executados pela Prisnov;
- Contactar com diferentes ferramentas de Software utilizadas na empresa, nomeadamente EPLAN, AUTOCAD, HAGERCAD.pro, EcoStruxure Power Build - Schneider Electric;

- Estudo de normas e documentos normativos relevantes, nomeadamente, IEC 61439-1, IEC 61439-2, IEC 60898-1, IEC 60947-2 e Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT).

- Colaborar nas tarefas de projeto de quadros elétricos e de orçamentação.

1.3 Estrutura do Relatório

O relatório está estruturado em cinco capítulos.

No primeiro capítulo faz-se a uma breve descrição do estágio, incluindo o enquadramento técnico, os objetivos gerais e específicos do estágio, e as motivações para a realização do mesmo.

No segundo capítulo é apresentada a empresa Pisnov, a sua história de mais de 20 anos, as várias áreas de operação, estrutura interna e funções desempenhadas pelo estagiário. São ainda destacados alguns dos projetos e obras mais significativos realizados pela empresa.

O terceiro capítulo descreve as etapas de fabrico de um quadro elétrico, as atividades realizadas de desenvolvimento de projetos durante o estágio, incluindo a utilização de diversos softwares, a análise e interpretação de projetos, bem como a preparação, eletrificação e ensaios de quadros elétricos.

O quarto capítulo é dedicado aos desafios encontrados no estágio, às atividades desenvolvidas, nomeadamente orçamentação, projetos, *layout*, ensaios de quadros elétricos, bem como o projeto de digitalização dos quadros elétricos.

Por fim no quinto capítulo são apresentadas algumas conclusões, é feita uma avaliação do cumprimento dos objetivos, das competências adquiridas, e são tecidas algumas considerações sobre a experiência e aprendizagem proporcionados pelo estágio na Prisnov.

2 APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ENTIDADE DE ESTÁGIO

A Prisnov é uma empresa privada de fabrico, eletrificação e comercialização de quadros elétricos e automatismos para a indústria, instalações elétricas e mecânicas. Fundada em 09 de junho de 1999, a Prisnov é uma das empresas de fabricação de quadros elétricos a operar na região centro de Portugal (Notícias de Coimbra, 2024). A Prisnov preza pelos seus quadros, num processo de melhoria contínua, adotando soluções que melhorem o processo de fabrico ou que facilitem a ação dos recursos humanos na sua execução. Para tal, estimula nos seus colaboradores a observação, o espírito crítico e a apresentação de propostas de melhoria. Recentemente a Prisnov foi uma das empresas do concelho de Coimbra a receber um prémio de reconhecimento de mérito pela Câmara municipal de Coimbra (Coimbra, 2024).

2.1 História com mais de 20 anos

A Prisnov nasce da necessidade de complementar a atividade de comércio de material elétrico da empresa Cinov (empresa mãe), tendo iniciado a sua atividade na ‘cave’ da Cinov, e aí permanecido durante 19 anos, até à mudança para as atuais instalações (Figura 1). A empresa iniciou as suas atividades com dois trabalhadores, mas tem, na atualidade, uma equipa de 15 colaboradores.



Figura 1 - Instalações atuais da Prisnov

A Prisnov dedica-se ao fabrico (montagem e eletrificação) de quadros elétricos e de automatismos de baixa tensão bem como à sua comercialização, sendo-lhe reconhecida a capacidade para preparação e construção de conjuntos de aparelhagem de potência, comando e controlo (quadros), de acordo com as normas aplicáveis. O reconhecimento é feito por diferentes marcas, nomeadamente Schneider e Hager, cujo certificado se reproduz na Figura 2 e Figura 3, e atesta a capacidade de execução de quadros, com recurso aos seus produtos, que cumprem os requisitos normativos aplicáveis



Figura 2 - Certificado Hager System Partner para Quadros até 4000 A.



Figura 3 - Certificado quadrista Premier Plus Schneider para Quadros até 4000 A.

Os certificados atestam o cumprimento dos requisitos impostos pelas marcas para o fabrico de quadros dentro de determinadas especificações. No caso de quadros para correntes nominais até 4000 A, pressupõe a utilização de invólucros Evo para Quadros da Hager e PrismaSet G & P para quadros Schneider, estando prevista a possibilidade de evoluir para a fabricação de quadros com uma corrente nominal até 6300A com recurso a invólucro PrismaSet P.

Para a aquisição de material elétrico, a Prisnov conta com parceiros (diretos ou através da Cinov) como Phoenix Contact, Telemecanique, Merlin Gerin, Himel, France Transfo, Mesa, Weidmuller, Carlo Ravazi, Finder, Gewiss, Scame e MGE, entre outros.

2.2 Áreas de atividade

A Prisnov realiza quadros elétricos para diversas áreas de atividade, fornecendo soluções de alta qualidade e confiabilidade aos seus clientes. A Prisnov é especializada no desenvolvimento, fabricação de quadros elétricos de distribuição energia elétrica, quadros para o setor das águas (plataformas elevatórias, ETAR, entre outros), quadros AVAC, quadros para máquinas industriais, quadros de gestão de energia, entre outros.

2.2.1 Quadros de máquinas e processos industriais

No caso das máquinas industriais, a Prisnov constrói, por exemplo, quadros para gruas SOIMA (exemplo na Figura 4), e quadros para equipamentos para sistemas de vapor para a empresa Valsteam, como o da Figura 5.



Figura 4 - Exemplo de uma máquina (grua) que utiliza quadros construídos pela Prisnov.



Figura 5 - Exemplo de quadro fabricado para o cliente Valsteam.

2.2.2 Quadros de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC)

Designa-se por AVAC um conjunto de sistemas e tecnologias projetadas para controlar e manter as condições de temperatura, humidade, pureza do ar e circulação do ar em ambientes internos, como edifícios comerciais, residenciais, industriais, entre outros (GoldEnergy, 2024).

Os quadros de AVAC desempenham um papel crucial na operação eficiente e confiável dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, garantindo o fornecimento adequado de energia elétrica e oferecendo recursos de controlo e automação para otimização do conforto e eficiência energética em edifícios comerciais, industriais e residenciais.

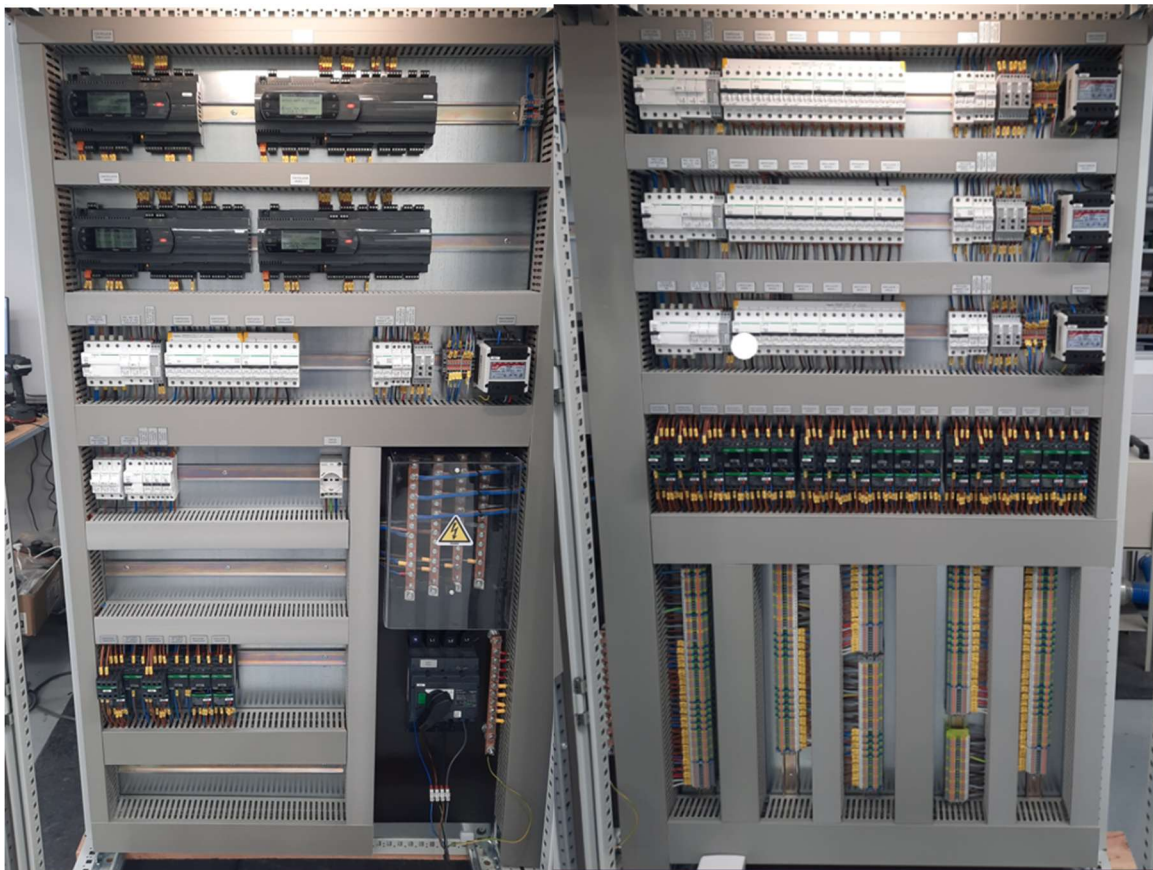


Figura 6 - Interior de quadro para central de congelação e ilha frigorífica.

Os quadros AVAC podem incorporar sistemas de controlo e automação que permitem monitorizar e ajustar as condições de temperatura, humidade e qualidade do ar dentro do ambiente controlado. Para esse fim, pode incluir termostatos, sensores de temperatura e humidade, controladores lógicos programáveis (PLC) e

interfaces de utilizador para operação e configuração do sistema. Uma das várias empresas para quem a Prisnov fabrica este tipo de quadro é para a CNI (Carlos Nunes & Irmãos – Frio Industrial e Comercial).

A Figura 6 e a Figura 7 mostram o aspeto interior e exterior, respetivamente, de um quadro para controlo de centrais de congelação e ilhas frigoríficas para supermercados, realizado pela Prisnov.



Figura 7 - Exterior de um quadro para central de congelação e ilha frigorífica

2.2.3 Quadros para o setor das águas

Um dos projetos mais recentes com alguma complexidade realizados pela Prisnov foi um quadro para o cliente Pleno ambiente, para uma instalação de controlo e bombagem de águas, na Zâmbia, conforme Figura 8 da página seguinte.



Figura 8 - Quadro para instalação de controlo e bombagem de águas.

2.2.4 Quadros de distribuição de energia elétrica

Os quadros que a Prisnov mais fabrica são os quadros de distribuição de energia elétrica. Na atualidade, a Prisnov tem vindo a realizar diversos quadros para a empreitada das linhas do Metro Mondego, que cria uma rede de transporte público moderna e eficiente, ligando diversas áreas da cidade e facilitando o deslocamento dos moradores e visitantes (POSEUR, 2024).

São exemplos desta atividade o QGBT de Hospital Pediátrico, com duas entradas de 1600A provenientes de 2 postos de transformação (PT).



Figura 9 - QGBT de Hospital Pediátrico.

3 ETAPAS DE FABRICO DE UM QUADRO ELÉTRICO

Um quadro elétrico, também conhecido como painel elétrico ou quadro de distribuição, é um componente essencial em sistemas elétricos industriais, comerciais e residenciais. Ele funciona como o ponto central de distribuição e controlo de energia elétrica, permitindo a ligação de diversas cargas elétricas a uma ou várias fontes de alimentação.

O processo de fabricação de um quadro elétrico envolve várias etapas, desde a análise do projeto, ao embalamento e expedição. Selecionar a norma (IEC 60898 e IEC 60947-2) aplicável aos aparelhos de proteção a instalar é vital para assegurar que o quadro elétrico tenha o poder de corte adequado às necessidades e características da instalação (Schneider, 2024). Esta decisão, que afeta diretamente a segurança, a eficiência e a fiabilidade das operações elétricas, contribuindo para a proteção tanto dos equipamentos como das pessoas que interagem com o sistema elétrico, é de grande relevância para um Quadro Elétrico.

A norma IEC 60898 é aplicável em instalações de baixa tensão, onde as correntes de curto-circuito esperadas são relativamente baixas, nomeadamente em instalações elétricas residenciais, pequenas empresas e em edifícios comerciais, permitindo a construção de soluções (quadros) eficientes, económicos e de exploração (utilização) simples.

A norma IEC 60947-2 aplica-se a dispositivos de proteção utilizados em ambientes industriais e comerciais, onde as correntes de curto-circuito podem ser significativamente mais altas. Os aparelhos de proteção que cumpram esta norma, foram projetados para suportar e interromper, de forma eficaz, correntes de curto-circuito elevadas, proporcionando uma proteção robusta e fiável em ambientes exigentes. Estes são a opção adequada para quadros elétricos a instalar em fábricas, grandes edifícios comerciais e outras infraestruturas industriais.

3.1 Análise de projeto e orçamentação

Numa fase inicial, o cliente efetua um pedido de cotação (preços) fornecendo, normalmente, o projeto elétrico correspondente, composto pela memória descritiva, especificações técnicas, condições jurídicas e, quando necessário, informações sobre equipamentos (ex. autômatos, variadores, etc.).

A análise do projeto inclui uma revisão do mesmo para identificar eventuais melhorias (ou mesmo erros ou omissões), para posterior desenho de *layout* e orçamentação, por parte da equipa de orçamentação.

Um orçamento bem elaborado deve ter em conta os materiais, tempos de execução, e respeito por requisitos técnicos específicos constantes do respetivo caderno de encargos de forma a garantir que a instalação elétrica do quadro seja segura, eficiente e que as finanças da empresa são acauteladas. A experiência da equipa de orçamentação e a sua interação com as outras áreas da empresa são um fator decisivo para a satisfação do cliente (preços competitivos) e da empresa (volume de negócios e rentabilidade da sua atividade).

3.2 Layout e Esquema Elétrico

O *layout* e o esquema elétrico auxiliam na fase de orçamentação, mas são particularmente importantes na conceção do quadro elétrico, simplificando (e organizando) o trabalho do técnico que vai eletrificar o quadro, fornecendo informações relativamente a dimensões, materiais e disposição dos mesmos.

3.2.1 Layout

Normalmente, o cliente fornece o esquema unifilar e um exemplo/proposta de *layout*, a partir do qual a equipa chega ao *layout* final. Há, no entanto, trabalhos em que o cliente expõe a finalidade do quadro elétrico, algumas das suas características e condicionantes, para que a equipa possa propor um *layout* e respetivo um esquema elétrico, para apreciação pelo cliente.

Para fazer o *layout* existem várias alternativas, sendo possível conjugar *layout* com orçamentação numa mesma ferramenta (EPLAN P8), ou recorrer ao AUTOCAD para o desenho e a ferramentas distintas para realizar o orçamento.

Uma vez aceite o orçamento por parte do cliente, o técnico desenhador parte para a planificação do quadro, incluindo a identificação dos equipamentos elétricos, saídas de bornes e cablagem, informação que, posteriormente, será usada por outras ferramentas.

3.2.2 Esquema elétrico

O esquema elétrico é realizado no software EPLAN P8, que permite uma grande produtividade no esquema elétrico, graças à sua interface gráfica intuitiva e aos seus recursos avançados de automação. O software inclui uma vasta biblioteca de componentes elétricos de diversas marcas, que são facilmente arrastados para o esquema elétrico, poupando tempo e minimizando erros (EPLAN, 2024). Na Figura 10 exemplifica-se um esquema elétrico realizado com EPLAN.

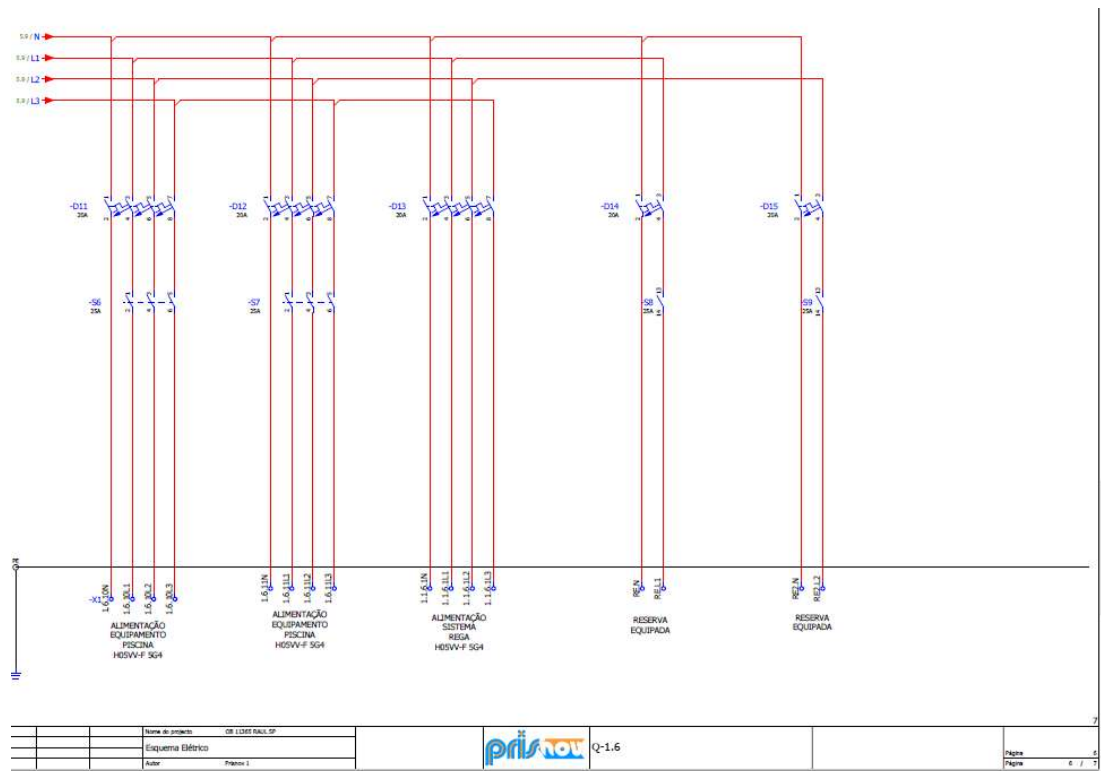


Figura 10 - Esquema Elétrico no Software EPLAN P8.

O EPLAN oferece uma ampla gama de opções de exportação de dados, e tem vantagens face à opção pelo AUTOCAD.

3.3 Preparação de obra

Uma vez adjudicada uma obra, é criado um processo com o nome e número de obra, nome do quadro, datas de abertura de obra e de entrega máxima da obra. No passo seguinte é feita uma revisão da obra e do material necessário, juntando num processo o orçamento (exemplo na Figura 11), ficha de pré-abertura de obra (exemplo na Figura 12), layout do quadro, esquema do cliente (se existir) e esquema da Prisnov.

ABERTURA DE OBRA: 2023-07-20					
ENTREGA MÁXIMA DA OBRA: 2023-08-31					
OBRA Nº 12273					
OBRA TIPO					VENDIDO
ORÇAMENTO Nº 230051					1 063,000 €
TEMPO ESTIMADO EXECUÇÃO: 8 HORAS					
LISTA 8934					
NOME DE OBRA					
Mao de Obra					178,250 €
Acessorios				3,00%	23,568 €
Material					785,600 €
Total Bruto					987,418 €
Margem				10,00%	78,560 €
Total Final					1 065,978 €
	Referência	Designação	Qt	Preço	Total
1	A9F79440	IC60N 4P 40A C	1,000	45,79 €	45,790 €
2	A9V15463	VIGI IC60 4P 63A 300MA-S AC	1,000	169,70 €	169,700 €
3	A9A26946	iMX+OF 100-415VAC	1,000	31,32 €	31,320 €
4	A9A26924	CONTACTO AUXILIAR IOF	1,000	18,42 €	18,420 €
5	A9N15646	PORT FUS 10X38 1P+N 32A	1,000	6,45 €	6,450 €
6	4110021	FUS ZRO 10X38 2A GL - 4110021	1,000	0,14 €	0,140 €
7	563830	REPARTIDOR TETRAPOLAR TD 100/125AL	1,000	12,80 €	12,800 €
8	A9E18320	SIN. LUMI. VERMELHO 110-230 VAC	1,000	6,13 €	6,130 €
9	A9E18321	SIN. LUMI. VERDE 110-230 VAC	1,000	6,13 €	6,130 €
10	A9E18324	SIN. LUMI. AMARELO 110-230 VAC	1,000	6,13 €	6,130 €
11	A9N15636	PORT FUS 10X38 1P 32A	3,000	2,96 €	8,880 €

Figura 11 - Orçamento da Obra.

Estágio na Prisnov - Indústria de quadros elétricos e automatismos

FICHA DE PRÉ ABERTURA DE OBRA					
CLIENTE:					
OBRA:				Nº OBRA:	
QUADRO:					
NORMAL				UPS	
Icc do Quadro (kA)		CEI 947-2		CEI 898	
6		x			
IP/IK		Vn(VAC)			
In(A)		C. ISOLAMENTO			
REGIME NEUTRO		Vcomando(VAC)			
NORMA FABRICO CEI 61439 1&					
CAMPOS DE PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO PARA ABERTURA DA OBRA					
ENTRADA A BORNES (POSIÇÃO DOS BORNES)				ENTRADA EMERGENCIA (riscar o que não interessa)	
ENTRADA DIRETA (POSIÇÃO DO APARELHO DE CORTE GERAL)				APARELHAGEM MEDIDA (riscar o que não interessa)	
BORNES SAÍDA (POSIÇÃO DOS BORNES)				O LAYOUT ESTÁ APROVADO O LAYOUT AGUARDA APROVAÇÃO	
COMENTÁRIOS RELATIVOS À CONSTRUÇÃO					
TENSÕES AUXILIARES DEVERÁ(ÃO) SER SELECIONADA(S) A(S) TENSÃO(ÕES) DE COMANDO PRESENTE(S) NO QUADRO					
COMANDO		CORES STANDARD		OUTRAS CORES preencher caso pretenda outras cores	
400VAC(fase/fase)		preto/castanho			
230VAC(fase/neutro)		preto/azul			
48VAC(positivo/comum)		vermelho/azul e branco			
24VAC(positivo/comum)		vermelho/azul e branco			
48VDC(positivo/comum)		vermelho/preto			
24VDC(positivo/comum)		vermelho/preto			
12VDC(positivo/comum)		vermelho/preto			
TENSÃO ANTES DE CORTE GERAL		laranja para qualquer tensão			
AUTOMATOS					
ENTRADAS DIGITAIS		amarelo			
SAÍDAS DIGITAIS		verde			
ENTRADAS ANALÓGICAS(positivo/comum)		branco/preto			
SAÍDAS ANALÓGICAS(positivo/comum)		cinzento/preto			
MARCAÇÕES DE CABOS EM QUADROS DE POTÊNCIA E COMANDO (EXCLUÍDO NOS QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO)					
POTÊNCIA		COMANDO			
SIM NÃO		SIM NÃO			
(riscar o que não interessa)		(riscar o que não interessa)			
TODAS AS SAÍDAS ESTÃO IDENTIFICADAS?					
SIM NÃO		VÃO ENVIAR LISTAGEM SAÍDAS			
(riscar o que não interessa)		O QUADRO SAI SEM IDENTIF. SAÍDAS			
OBSERVAÇÕES:					
IGQ34 - E05					

Figura 12 - Ficha de pré-abertura de obra.

Os materiais a utilizar podem estar em armazém ou ser adquiridos especificamente para cada obra. Os materiais de tipo consumível (fios/cabos

elétricos, bornes, parafusos, porcas, anilhas, mangas termo retrateis, obturadores, entre outros) existem normalmente em stock, e são requisitados ao Armazém de Consumíveis Elétricos, ilustrado na Figura 13.



Figura 13 - Armazém de consumíveis elétricos.

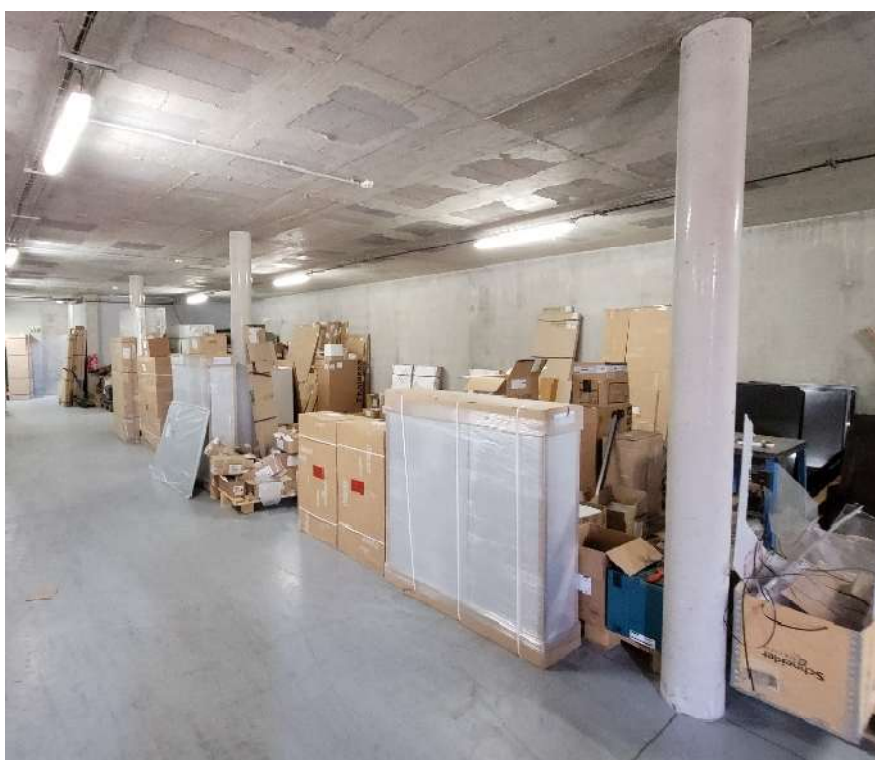


Figura 14 - Armazém de obras.

No armazém de obras (Figura 14) é guardado o material para executar as obras, nomeadamente armários/quadros elétricos, equipamentos elétricos

(disjuntores, interruptores, diferenciais, transformadores, fontes de alimentação, entre outros), dos quais não é feito stock. O material é catalogado por número de obra, para fácil identificação.

3.4 Eletrificação

A eletrificação do quadro elétrico consiste na instalação e ligação dos diversos equipamentos que os constituem. Normalmente, inicia-se pela montagem da estrutura, colocação de platines (caso utilize), calhas DIN, calhas de plástico para passagem de cablagem, barramento geral e de terra, colocação de equipamento e régua de bornes. Nesta fase, o técnico que vai montar o quadro faz uma última revisão para ver se o material elétrico necessário para a conclusão do quadro está todo correto. Relativamente à disposição fica ao critério do técnico que monta o quadro caso não exista já previamente um *layout* definido pelo cliente, por um orçamentista ou pelo desenhador. Se por algum motivo existir alguma alteração no esquema elétrico que afete a disposição do *layout*, o técnico é informado para que proceda à atualização do mesmo.

Na atividade de eletrificação de quadros existem 8 técnicos cada um com a sua bancada de trabalho (Figura 15), ferramentas e o seu computador.

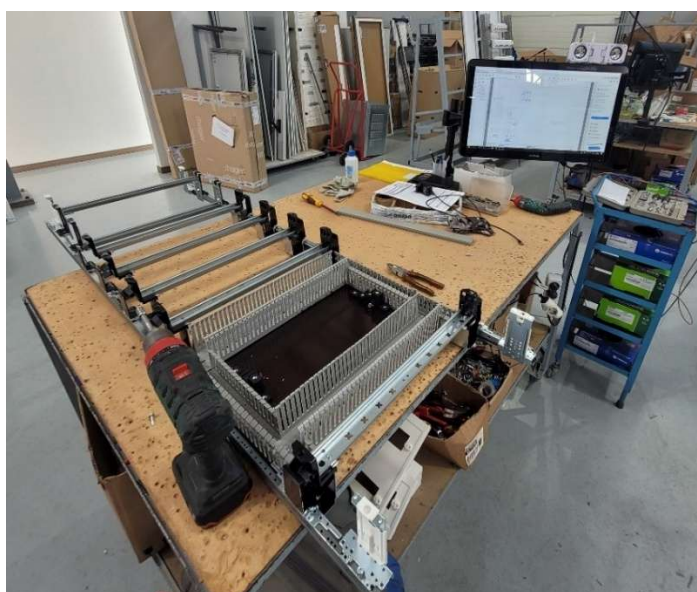


Figura 15 - Bancada de trabalho.

Assim que o esquema está pronto no Eplan é exportado para PDF e é enviado, a partir do Software Synology Drive (Figura 16), para o computador correspondente ao técnico que vai eletrificar o quadro.

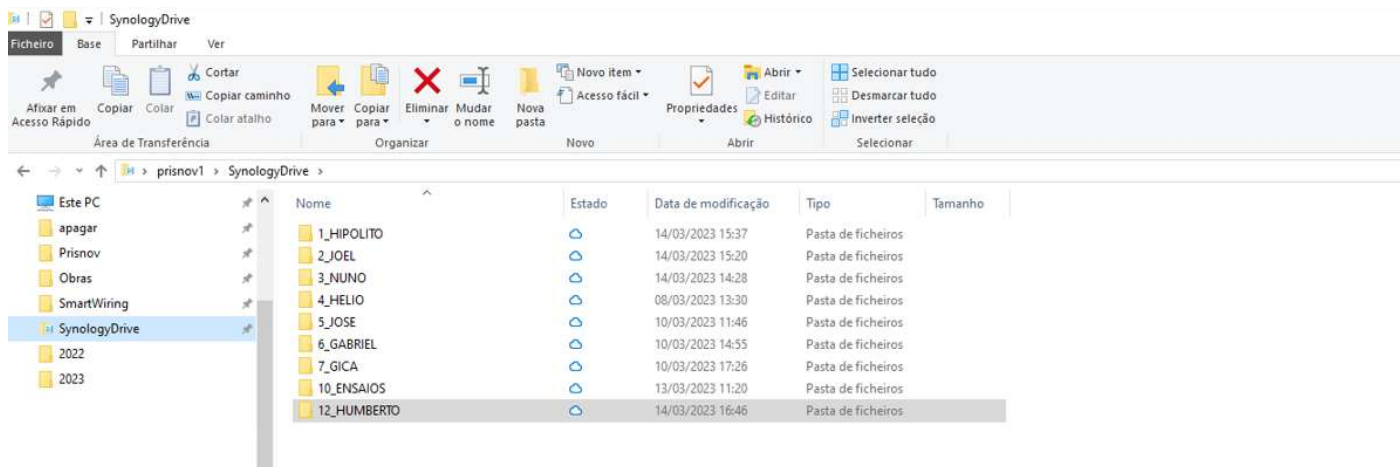


Figura 16 - *Software* Synology Drive.



Figura 17 - Estrutura do quadro elétrico HAGER.

Antes de proceder a eletrificação do quadro é preciso fazer a montagem da estrutura (Figura 17) ou invólucro e dos restantes componentes. Esta deve ser realizada segundo as indicações do fabricante, respeitando a sequência e normas de montagem, de forma a garantir a robustez e qualidade do mesmo.

De seguida passa-se para a colocação de calhas DIN (caso necessite), para a colocação de equipamentos elétricos que a utilizem e platines (caso necessite), que serve para fixar equipamentos elétricos compactos.



Figura 18 - Quadro com os equipamentos elétricos e calhas.

Na etapa seguinte são colocados os barramentos gerais e o barramento de terra, calhas para bornes e por fim calhas para cablagem. Com todos os materiais colocados, passa-se à efetiva eletrificação do quadro.

No que respeita à eletrificação (Figura 19), os condutores utilizados são normalmente de cobre rígido, semirrígido ou flexível. Assim que a eletrificação está concluída o técnico aspira e limpa o quadro, passando de seguida à fase de identificação de equipamentos elétricos, cablagem, saídas de bornes e identificação do quadro, após o que será movimentado para a bancada de ensaios.



Figura 19 - Quadro eletrificado.

Quando o equipamento não está todo disponível, a execução é suspensa até que o(s) elemento(s) em falta estejam disponíveis, e o técnico passa a outra obra.

3.5 Identificação

A etiquetagem de quadros elétricos é fundamental para garantir a correta utilização dos diferentes equipamentos, bem como a segurança dos operadores e técnicos de manutenção, reduzindo o risco de acidentes elétricos.

Em Portugal, a norma NP IEC 61439-1 estabelece requisitos para a construção de quadros elétricos de baixa tensão. Relativamente à etiquetagem, a norma obriga à identificação de cada um dos circuitos no quadro elétrico, da fonte de alimentação, das conexões e das proteções (Votimum, 2024).

Em relação a chapa de características são obrigatórias a Identificação e Contactos do Fabricante, o Número da Obra (Serie), o Nome do Quadro, a Data de Fabrico e a Norma de conformidade do conjunto da aparelhagem (EN 60898 ou EN 60947) (Schneider, 2024), conforme Figura 20.



Figura 20 - Identificação Exterior do Quadro Elétrico.

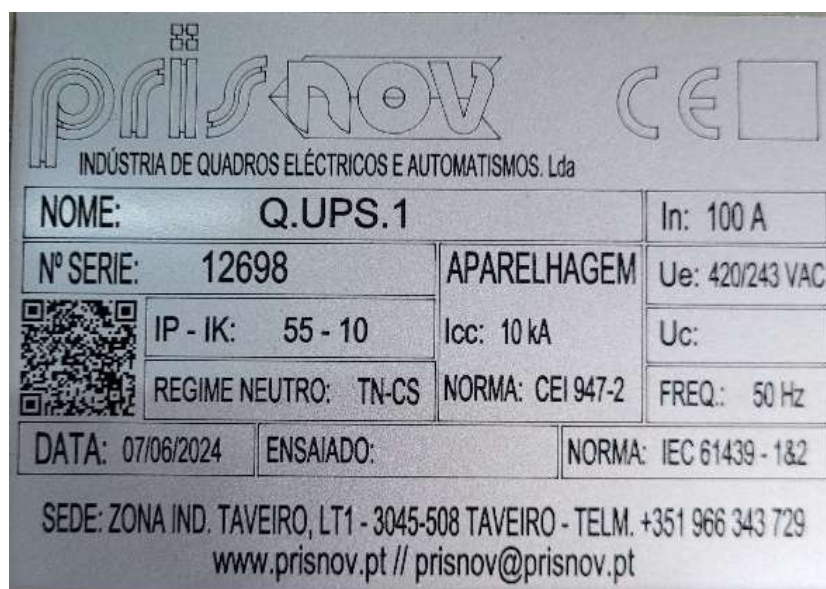


Figura 21 - Chapa de Características de Quadro Elétrico.

Por norma, além das referidas, a Prisnov afixa, para os seus quadros (Figura 21), outras características, nomeadamente:

- **In** - Corrente Nominal;
- **Un** - Tensão Nominal;
- **Icc** - Corrente Máxima de curto-circuito;
- **IEC 61439-1&2** - Normas Internacionais que estabelecem os requisitos de segurança e desempenho para quadros elétricos de baixa tensão;
- **IP** - Grau de proteção assegurado pelo invólucro;
- **IK** - Grau de proteção contra impactos mecânicos;

- **CE** - Código de Marcação CE;
- **Frequência** - Frequência que trabalha o quadro;
- **Tensão de Comando** - Caso exista;
- **Regime Neutro** - Tipo de Regime Neutro;
- **Classe de Isolamento** - Símbolo;
- **Assinatura da pessoa que fez ensaio** - Prova que o quadro foi ensaiado.

A identificação dos componentes elétricos e do quadro é definida pelo desenhador, no programa Eplan, e exportada para o programa da Phoenix Contact, para impressão. As impressoras permitem imprimir etiquetas autocolantes para identificação de componentes elétricos (disjuntores, interruptores, etc.), ou etiquetas em plástico para a identificação de cabos elétricos e régua de bornes, conforme se visualiza na Figura 22 e na Figura 23, respetivamente.

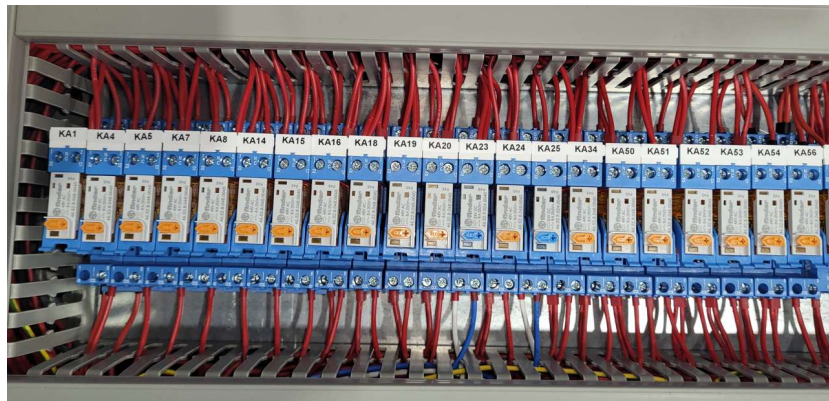


Figura 22 - Etiquetas de equipamentos elétricos.

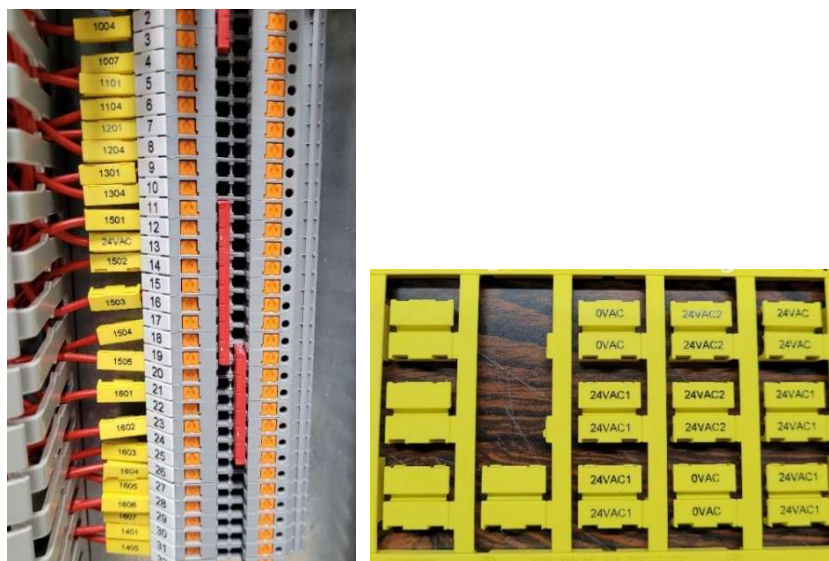


Figura 23 - Etiquetas para régua de bornes e para cablagem.

Por fim, depois do quadro eletrificado e pronto, procede-se a identificação dos circuitos de saída, equipamentos e entrada/entradas do quadro elétrico através de placas de trafolite, para facilitar a manutenção e manobra dos mesmos (Figura 24).



Figura 24 - Etiquetas em trafolite para identificação de equipamentos.

3.6 Verificação e Ensaios

A norma técnica NP EN 61439-1 aborda a verificação de quadros elétricos, estabelecendo os requisitos de desempenho e segurança para quadros elétricos de baixa tensão, que são utilizados para distribuir e controlar a energia elétrica em instalações industriais, comerciais e residenciais. (ABB, 2017)

A verificação de um quadro elétrico é essencial para garantir a segurança elétrica e a eficiência dos equipamentos elétricos, pelo que é fundamental que essa

verificação seja feita por um profissional qualificado. Na Prinsnov esse trabalho só pode ser feito pelo diretor de produção ou pelo técnico especializado. É nesta etapa que se verifica se houve algum erro de eletrificação do quadro, algum erro no *layout*, esquema elétrico, algum erro com as identificações dos componentes instalados, etc.

A verificação de um quadro elétrico passa por uma verificação visual e por ensaios e medições de diferentes grandezas.

3.6.1 Verificação Visual

A verificação visual de um quadro elétrico envolve a inspeção de todos os componentes elétricos do painel, bem como a verificação da cablagem e das conexões para assim garantir que tudo está em conformidade com as normas de segurança elétrica.

É importante verificar se os disjuntores, diferenciais, fusíveis, entre outros, estão devidamente dimensionados para proteger os circuitos elétricos e as pessoas, se os fios, cabos e equipamentos elétricos estão corretamente identificados, para que possam ser facilmente identificados por qualquer outro técnico, e se todas as conexões elétricas estão apertadas com os respectivos binários de aperto.

3.6.2 Ensaios e Medições

A realização dos ensaios e testes no final da eletrificação de um quadro elétrico é indispensável de forma a garantir que a instalação elétrica esteja funcionando corretamente e de maneira segura, de forma a evitar riscos de choques elétricos, incêndios e outros acidentes. Os ensaios e testes devem ser realizados por um técnico qualificado, para garantir que todas as medidas de segurança sejam seguidas e que todos os procedimentos sejam executados corretamente.

Entre os testes e ensaios que devem ser realizados estão os ensaios de continuidade elétrica e funcionamento de dispositivos de proteção. Para tal recorre-se a uma bancada de ensaios elétricos (Figura 25) e a aparelhos de medida portáteis, para verificar se todos os circuitos estão devidamente ligados, ou se há algum tipo

de interrupção. Este ensaio pode ser realizado de diversas formas, embora por norma, se aplique uma tensão ao quadro e se verifique se os circuitos de saída estão energizados, de acordo com o esquema do quadro.



Figura 25 - Bancada de ensaios elétricos.

Como muitos quadros possuem automatismos é importante a verificação das continuidades para certificarmos que os circuitos estão ligados no contacto certo. Ao mesmo tempo, são verificados os dispositivos de segurança (disjuntores), nomeadamente se ligam ou desligam o circuito como pretendido.

3.6.3 Ensaio de Isolamento elétrico

O ensaio de isolamento é realizado para verificar a resistência de isolamento do equipamento para garantir a segurança e a confiabilidade do quadro elétrico, que deve ser capaz de suportar a tensão elétrica aplicada sem permitir a passagem da corrente elétrica. O ensaio é importante para garantir a segurança dos utilizadores e a integridade dos equipamentos. A norma que trata do ensaio de isolamento elétrico em quadros de baixa tensão é a NP EN 61439 (Volum, 2024) (ABB, 2017).

No ensaio, o quadro não está alimentado, e todos os equipamentos elétricos estão ligados exceto aqueles que não suportam a tensão a que se vai realizar o ensaio (devem ser desligados). O técnico deve estar em cima de um tapete isolante, e não

deve tocar no quadro durante a realização do ensaio. O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado com uma tensão de ensaio de 500V DC (ou 1000V DC, se a tensão nominal do conjunto de manobra for superior a 1000V). O valor é apurado com recurso a um Megaohmímetro (Figura 26).



Figura 26 - Megaohmímetro.

O procedimento consiste em aplicar uma tensão elétrica elevada entre uma fase (previamente interligada com o neutro) e a massa da estrutura e medir o valor da corrente (de fugas) através do isolamento. Se o valor apurado for inferior ao valor mínimo especificado (o valor mínimo da resistência de isolamento deve ser de 1000Ω) isso indica que há uma falha no isolamento elétrico e a segurança do sistema está comprometida. Nesse caso, é necessário realizar uma inspeção detalhada do quadro e dos componentes para identificar e corrigir a falha, voltando a repetir o ensaio. O mesmo é feito para cada uma das fases (Fluke Europa, 2008).

3.6.4 Ensaio de rigidez dielétrica

A rigidez dielétrica é uma propriedade física dos materiais dielétricos que se refere à sua capacidade de resistir a uma tensão elétrica elevada ou eventuais picos de tensão que possam ocorrer sem sofrer uma rutura dielétrica. É uma medida da

força do campo elétrico máximo que o material pode suportar antes de se tornar condutor. A unidade da rigidez dielétrica é expressa em volts por unidade de espessura (V/m), assim quanto maior for a rigidez dielétrica de um material isolador, maior a tensão elétrica que ele pode suportar sem se comprometer. Isso faz da rigidez dielétrica uma propriedade importante nos isoladores de cabos elétricos, transformadores, equipamentos elétricos, entre outros (Pereira, 2018).

Em Portugal, a norma que define os valores das tensões de teste para a rigidez dielétrica em quadros elétricos de baixa tensão é a NP EN 61439 (Voltimum, 2024) (ABB, 2017). O ensaio de rigidez dielétrica deve ser realizado por um aparelho que permita uma tensão de ensaio de 2500 V AC, com frequência de 50Hz para sistemas elétricos com tensão nominal até 250 V.

Relativamente aos procedimentos para ensaio, o quadro elétrico tem de estar sem tensão, com todos os equipamentos elétricos ligados exceto aqueles que não suportam a tensão a que se vai realizar o ensaio. O técnico deve estar em cima de um tapete de borracha e não deve tocar no quadro durante o ensaio.

Relativamente à execução do ensaio da rigidez dielétrica é realizado aplicando-se uma tensão elétrica elevada aos condutores do quadro, por um curto período, enquanto é monitorizada a corrente elétrica que flui através do isolamento (Figura 27).



Figura 27 - Equipamento de teste de rigidez dielétrica.

3.7 Embalagem e Expedição

Depois de todas identificações colocadas, verificações efetuadas, ensaios executados, colocação dos documentos inerentes ao quadro elétrico e feita uma última limpeza no interior e exterior, os Quadros Elétricos passam à fase de embalagem e expedição para o cliente.

O quadro elétrico é revestido por cartão e película aderente, e etiquetado (identificado) para expedição para o cliente. Normalmente o transporte do mesmo é feito por empresas de transporte ou pelo próprio cliente. A Figura 28 mostra um quadro pronto a ser enviado ao cliente.



Figura 28 - Quadro pronto para expedição.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Ao longo do estágio foram desenvolvidas várias atividades, integradas na atividade normal da entidade de acolhimento, bem como outras, mais específicas, que constituíram, para o estagiário, um desafio e um conjunto de oportunidades de aprendizagem. Entre elas, constam a realização de *layouts* interiores e exteriores de quadros, o ensaio de quadros de potência e de quadros de automação, e a orçamentação (que requer um conhecimento aprofundado dos equipamentos que estão disponíveis no mercado, para tomar as melhores opções de projeto, em termos de segurança, qualidade e preço). Entre as várias atividades, salienta-se a criação da ferramenta de Digitalização de Quadros Elétricos, que passou a ser usada pela empresa.

4.1 Digitalização de Quadros Elétricos

Cada quadro tem a sua documentação associada, o esquema elétrico, certificado de marcação CE, folha de ensaios realizados, datasheets dos equipamentos que o constituem. Por vezes, no entanto, essa documentação desaparece, é danificada ou fica desatualizada. Tal pode acontecer por diversos motivos, entre os quais, intervenções efetuadas à posteriori, pelo que é frequente os clientes contatarem a Prisnov solicitando, novamente, a documentação do quadro.

Foi proposto arranjar um sistema/ferramenta para que se pudesse consultar/atualizar a documentação do quadro em qualquer altura, sem deslocação ao local da instalação do quadro. Desta forma, caso seja necessário realizar alguma intervenção, ou solicitado algum documento, os mesmos estejam acessíveis e atualizados, com a máxima rapidez.

4.1.1 Planeamento do sistema

Depois de identificado o problema, passou-se a um estudo de mercado para ver o que podia ser feito para resolver este problema. Verificou-se que a solução

tinha de passar por um repositório organizado por pastas de obras para guardar toda a documentação relativa a cada quadro e tinha de poder ser acedida por qualquer pessoa em qualquer lugar, mas também segura, isto é, para além da Prisnov e o cliente mais ninguém podia ter permissões para alterar, apagar ou acrescentar mais documentos à pasta. Tais requisitos conduziram à decisão de criação de um repositório on-line.

Na pesquisa efetuada verificou-se algumas marcas (Schneider, Rittal), possuem um sistema similar implementado, mas apenas para quadros elétricos com invólucros da própria marca (para cada pasta que se criasse, por obra, teria de colocar-se a referência do invólucro que estava a ser utilizado). Procurou-se, para início de implementação, um repositório gratuito, tendo a opção recaído sobre o ***Google Drive***, por oferecer mais memória e segurança que qualquer um da concorrência.

O passo seguinte foi encontrar uma forma rápida e simples de partilhar a documentação. Surgiu a ideia de partilhar a pasta com toda a documentação do quadro com recurso à tecnologia QR code (Quick Response Code). Os QR codes foram projetados para serem lidos rapidamente por dispositivos móveis, e têm como vantagens o facto de poderem armazenar várias informações, como números de telefone, links, endereços de email, entre outros, a facilidade como podem ser criados e o facto de não terem data de validade. Por fim só tínhamos de enviar o QR code com o respetivo quadro, tendo sido eleito como melhor local a chapa de características do quadro.

4.1.2 Funcionamento do sistema

No repositório criado, as pastas das obras estão separadas por ano de execução, por clientes e, por fim, por obra, conforme se observa na Figura 29.

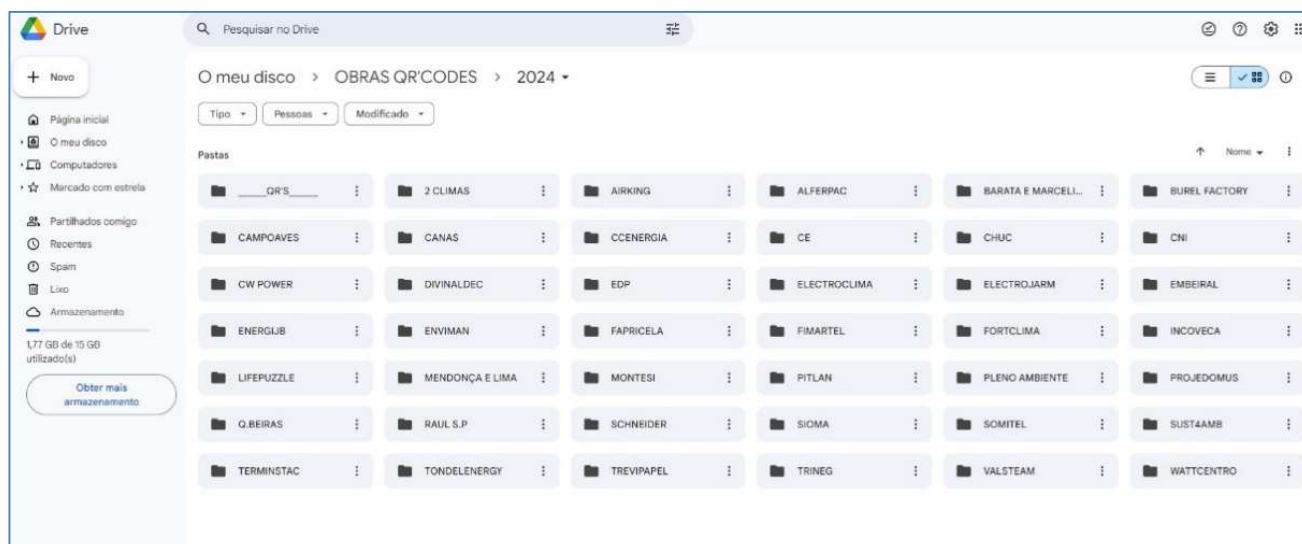


Figura 29 - Organização de pastas no repositório.

Dentro de cada pasta de obra está uma pasta com a declaração de marcação CE e folha de ensaios, uma pasta com os *datasheets* de equipamentos mais complexos do quadro (variadores, autómatos, interruptores horários, entre outros) e, por fim, o esquema multifilar (exemplos na Figura 30, Figura 31 e Figura 32).

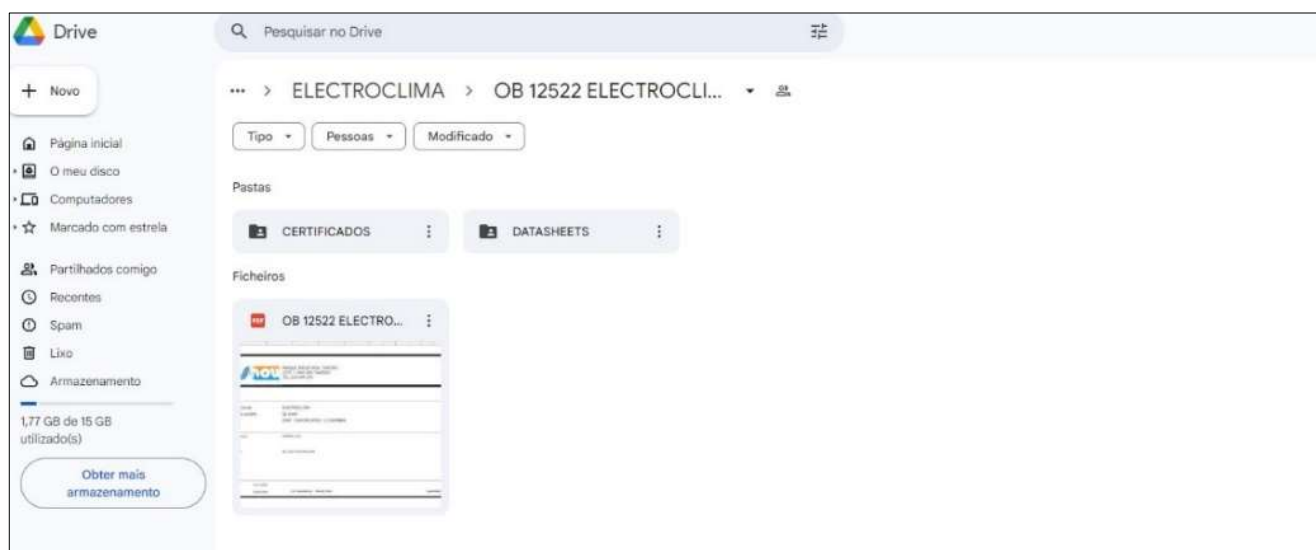


Figura 30 - Organização de uma pasta relativa a uma obra.

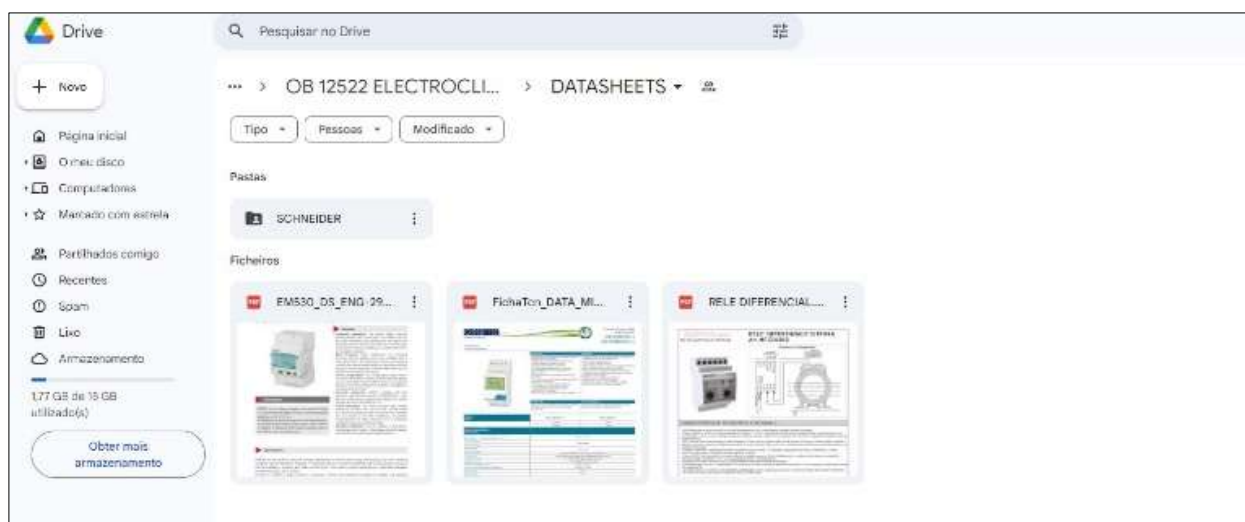


Figura 31 - Organização de documentação (*datasheets*).

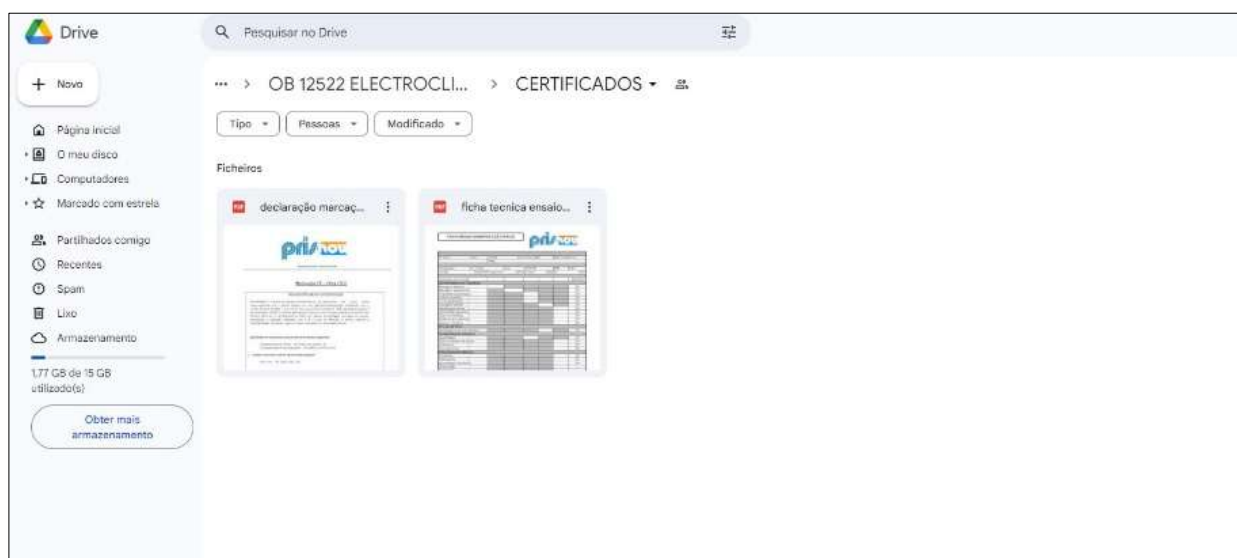


Figura 32 - Organização de documentação (certificados).

Antes do quadro começar a ser eletrificado, é criada a respetiva pasta no repositório e cria-se um link de partilha para essa pasta e o respetivo *QR code* a partir desse link. Qualquer pessoa com acesso ao *QR code* irá ser direcionado para a respetiva pasta da obra.

Ao finalizar a obra, antes da expedição, é feita a atualização da respetiva pasta no repositório.

4.2 Projetos

No decurso do Estágio foram realizados alguns projetos, com recurso ao

EPLAN P8 ou AutoCAD. Um dos projetos, para o cliente Mendonça & Lima, foi um quadro de AVAC, com corte geral por interruptor diferencial de 250A, para garantir Classe II de isolamento num invólucro de Classe I.

Nesta situação, é requisito essencial uma medida de segurança adicional para proteção contra contatos indiretos, como seja a interligação de todas as massas com o terminal de ligação à terra. Já o isolamento de classe II garante a proteção contra choques elétricos sem a necessidade de medidas adicionais de segurança, desde que sejam utilizados equipamentos e invólucros de classe II (RTIEBT, 2006).

Para cumprir com os requisitos referidos, é necessário isolar a estrutura do invólucro da estrutura onde está o equipamento. Para tal, pode usar-se uma platina metálica ou em baquelite, isoladas, combinada com proteção diferencial na entrada. A solução adotada passou pelo recurso a um relé com toro diferencial, interligado com uma bobina MX atuando sobre um interruptor (corte geral) na entrada do Quadro. Desta forma, quando o relé diferencial deteta uma corrente de fuga (corrente residual) superior ao valor da regulação, atua sobre a bobina MX do interruptor cortando a alimentação do quadro. A bobina MX é um componente usado em quadros elétricos para abrir disjuntores ou interruptores remotamente através de um impulso elétrico externo, o "M" refere-se a "Modo" de operação da bobina (manual ou automática), indicando a sua função dentro do disjuntor ou interruptor, enquanto o "X" aponta para "Extra", indicando que é acionada por um comando elétrico vindo de fora do quadro.

O projeto continha ainda um analisador de energia na entrada, sinalizadores de fases e saídas, trifásicas e monofásicas, para diversos equipamentos de AVAC, sendo uma delas equipada com um contador de energia e outra com um contactor para ser controlado manualmente ou automático.

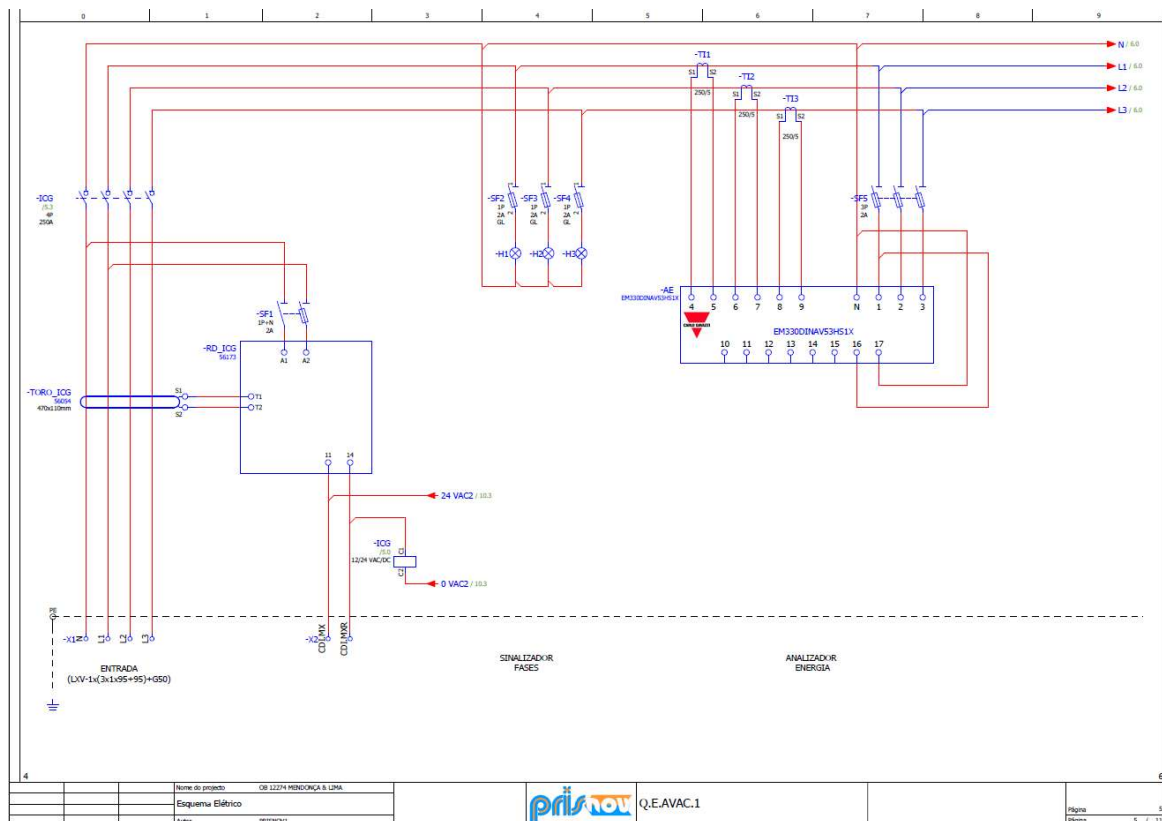


Figura 33 - Esquema multifilar do Quadro projetado – entrada.

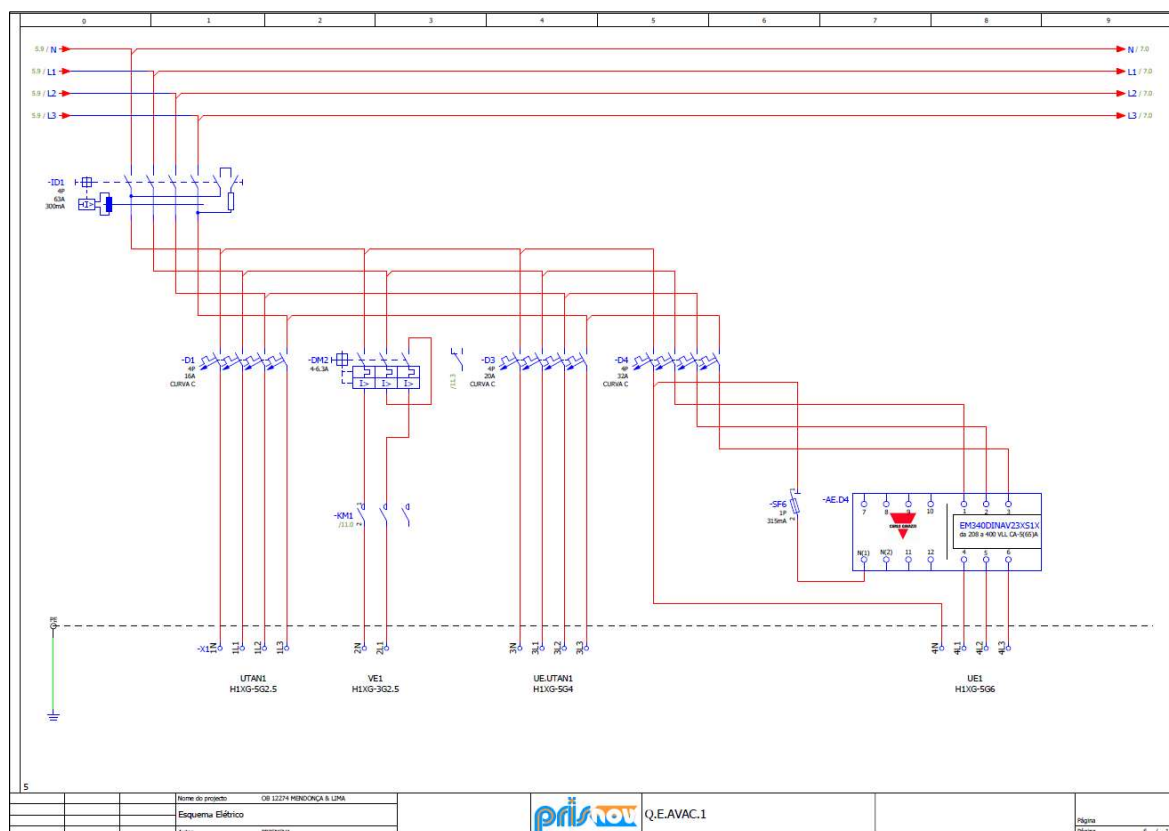


Figura 34 - Esquema multifilar do Quadro projetado – saídas (I).

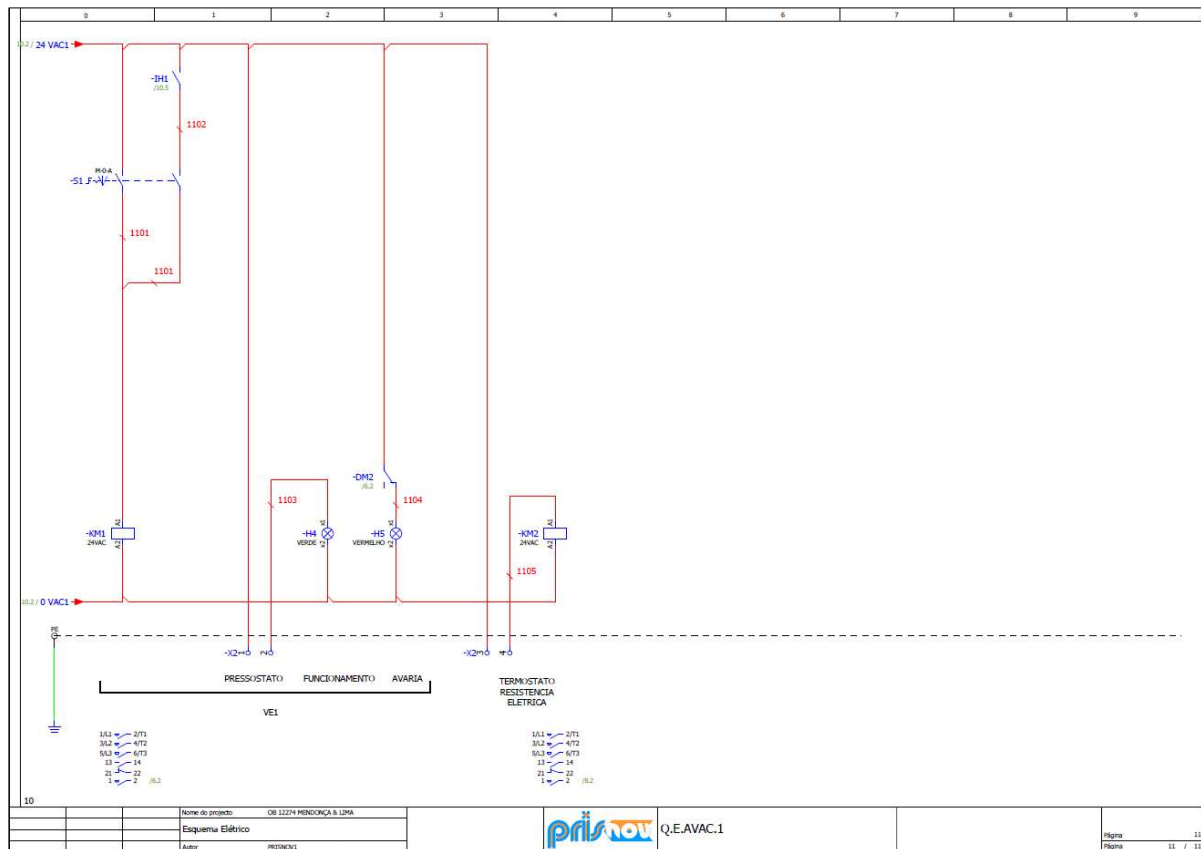


Figura 35 - Esquema multifilar do Quadro projetado – saídas (II).

4.3 Orçamentação

Na Prisnov os orçamentos são realizados com recursos a folhas de cálculo (*Excel*), com apoio de ferramentas como HagerCAD (Hager) e EcoStruxure Power Build - Rhapsody V2.4.7 (Schneider). A atividade consistiu na realização de um orçamento para o cliente LIFEPUZZLE, correspondente a um quadro elétrico para um escritório. O quadro consistia de uma entrada de 100A e saídas para iluminação, tomadas e ar condicionado.

A ferramenta escolhida foi o HagerCAD, que permite executar o orçamento por lista de materiais ou por esquema. A criação de orçamento por lista de material (Figura 36), corresponde a inserir as referências dos equipamentos a instalar, e as respetivas quantidades, e é indicado para quem já tem experiência a orçamentar.

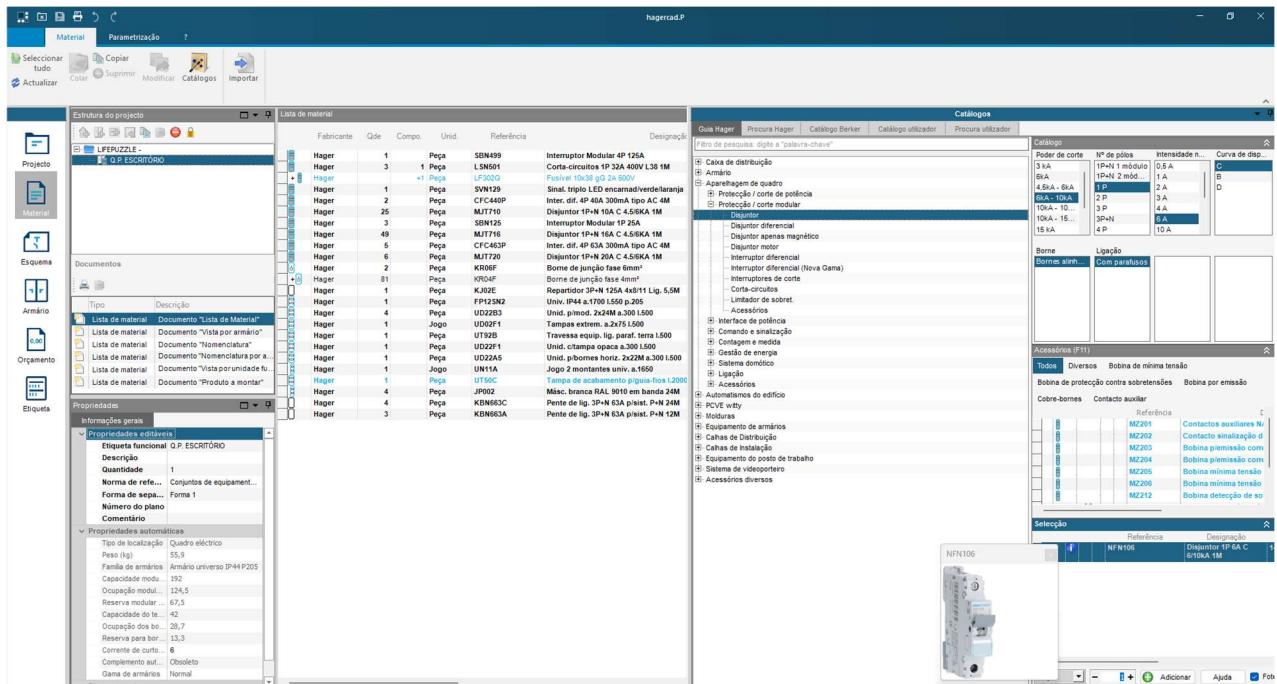
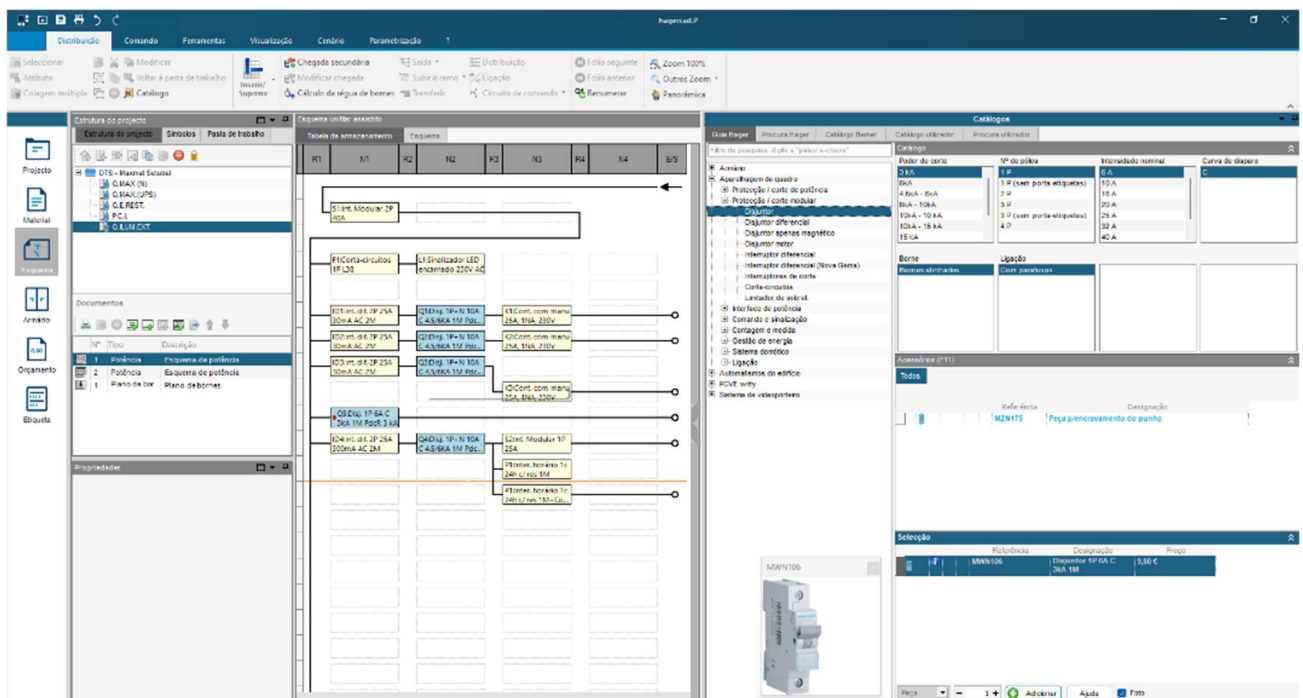


Figura 36 - Orçamento por lista de materiais, usando HagerCAD.

A orçamentação por esquema é, contudo, a forma mais indicada para quem tenha pouca experiência a orçar. Depois de escolher a entrada e todos os acessórios que fazem parte da mesma (sinalizadores de fases, analisador de energia, etc.), agrupam-se as saídas pelas proteções a montante, o que vai fazer com que o *layout* fique mais organizado (Figura 37).



O HagerCAD permite definir o poder de corte do respetivo quadro, e valida, para a aparelhagem selecionada, a respetiva compatibilidade, sinalizando as situações de incumprimento. Adicionalmente, o HagerCAD permite aproveitar o próprio esquema para anexar a pasta do orçamento, e também executar o *layout* do quadro (Figura 38).

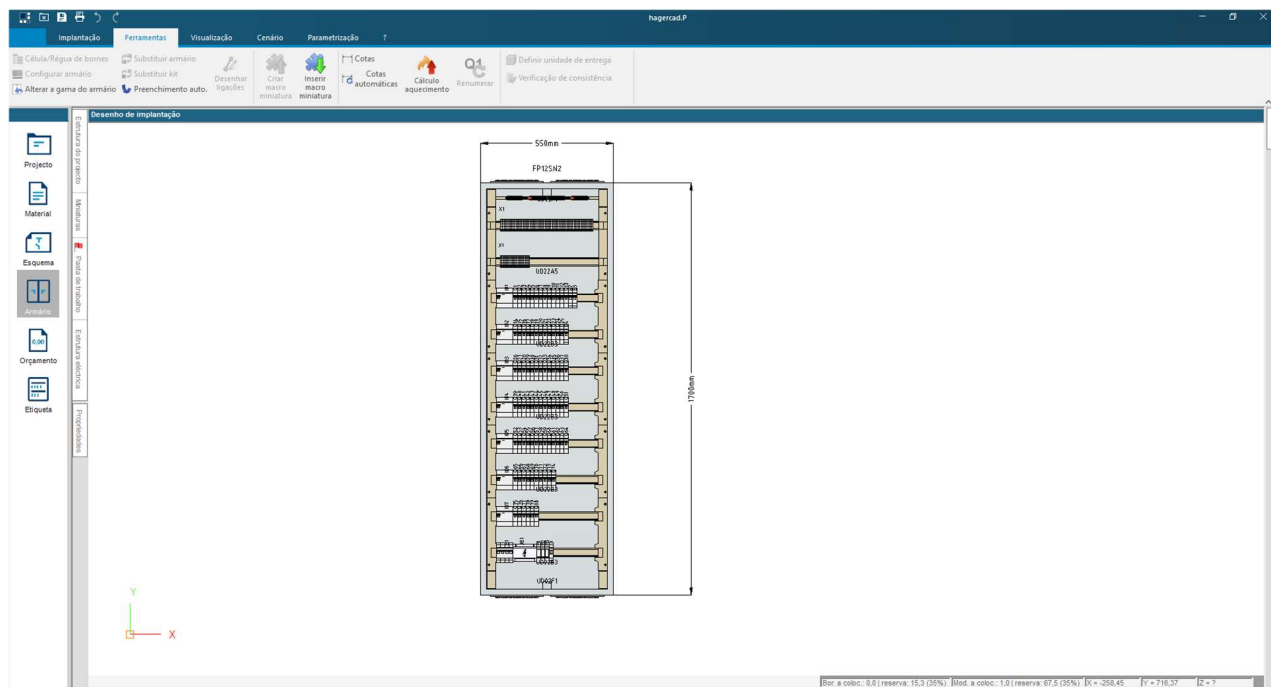


Figura 38 - *Layout* do quadro.

A partir dos equipamentos escolhidos, dos requisitos de IP e de IK, da quantidade de aparelhos/circuitos de reserva e do modelo de quadro, são apresentadas algumas variações de *layout* e igualmente determinado o número de bornes a instalar e o espaço requeridos.

Na fase seguinte, a lista de material é exportada e carregada na folha de calculo usada pela Prisnov, onde serão adicionados alguns equipamentos em falta, mão de obra e outros acessórios, resultando num orçamento (Figura 39) pronto para enviar ao cliente.

ABERTURA DE OBRA: 2023-07-20					
ENTREGA MÁXIMA DA OBRA: 2023-08-31					
OBRA Nº 12273					
OBRA TIPO				VENDIDO	
ORÇAMENTO Nº 230051/JB				1 063,000 €	
TEMPO ESTIMADO EXECUÇÃO: 8 HORAS					
LISTA 8934					
		PLENO AMBIENTE - KAMUCHANGA - QE FARVIEW NEW			
		Mao de Obra		178,250 €	
		Acessorios		3,00% 23,568 €	
		Material		785,600 €	
		Total Bruto		987,418 €	
		Margem		10,00% 78,560 €	
		Total Final		1 065,978 €	
	Referência	Designação	Qt	Preço	Total
1	A9F79440	iC60N 4P 40A C	1,000	45,79 €	45,790 €
2	A9V15463	VIGI IC60 4P 63A 300MA-S AC	1,000	169,70 €	169,700 €
3	A9A26946	iMX+OF 100-415VAC	1,000	31,32 €	31,320 €
4	A9A26924	CONTACTO AUXILIAR IOF	1,000	18,42 €	18,420 €
5	A9N15646	PORT FUS 10X38 1P+N 32A	1,000	6,45 €	6,450 €
6	4110021	FUS ZRO 10X38 2A GL - 4110021	1,000	0,14 €	0,140 €
7	563830	REPARTIDOR TETRAPOLAR TD 100/125AL	1,000	12,80 €	12,800 €
8	A9E18320	SIN. LUMI. VERMELHO 110-230 VAC	1,000	6,13 €	6,130 €
9	A9E18321	SIN. LUMI. VERDE 110-230 VAC	1,000	6,13 €	6,130 €
10	A9E18324	SIN. LUMI. AMARELO 110-230 VAC	1,000	6,13 €	6,130 €
11	A9N15636	PORT FUS 10X38 1P 32A	3,000	2,96 €	8,880 €
12	4110021	FUS ZRO 10X38 2A GL - 4110021	3,000	0,14 €	0,420 €
13	A9R41425	iID 4P 25A 30MA AC	1,000	47,39 €	47,390 €
14	A9F79110	iC60N 1P 10A C	9,000	7,00 €	63,000 €
15	A9F79116	iC60N 1P 16A C	2,000	6,67 €	13,340 €
16	A9F79320	iC60N 3P 20A C	4,000	30,89 €	123,560 €
17	A9F79316	iC60N 3P 16A C	1,000	29,43 €	29,430 €
18	NSYCRN86250	ARM MET 800X600X250 S/ PL	1,000	136,86 €	136,860 €
19	NSYMM86	PLAT METÁLICA 800X600	1,000	42,21 €	42,210 €
20	NSYPFCR	4 PAT FIX MURAL ARM CRN	1,000	5,61 €	5,610 €
21	568610	COLECTOR PE, 24 MOD.	2,000	3,78 €	7,560 €
22	LVS08963	BOLSA PORTA-ESQUEMAS	1,000	4,33 €	4,330 €
					0,000 €

Figura 39 - Orçamento final.

4.4 Layouts

Neste tema, foram realizados alguns *layouts* internos aos quadros (isto é,

posicionar os diversos equipamentos modulares e equipamentos em platines), bem como *layouts* externos ao quadro (de portas para quadros de AVAC, quadros de máquinas, entre outros).

Um dos *layouts* realizados foi para um quadro de RCF (registos corta-fogo), em que o cliente pretendia que nas portas do quadro estivesse um sinóptico com a planta dos dois andares do edifício. Cada RCF era constituído por dois leds de 1 mm de diâmetro (um vermelho e outro verde), representativos do estado aberto/fechado do RCF.

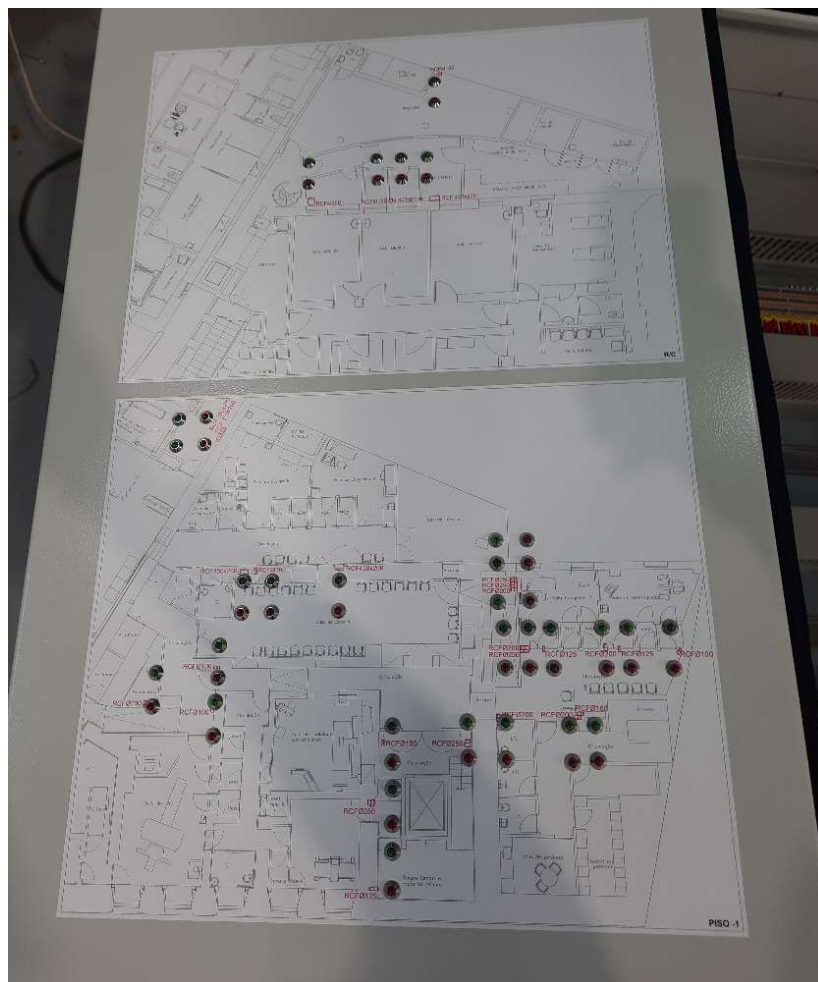


Figura 40 - Proposta de layout enviada ao cliente.

O cliente enviou as plantas em formato *dwg*, com os locais onde pretendia os RCF. Com recurso ao AUTOCAD, foi removida toda a informação não necessária e adaptado o layout às dimensões da porta do quadro. Em seguida, foram colocados os leds nas zonas marcadas pelo cliente e solicitado à oficina que avaliasse se o *layout*

(Figura 40) seria executável sem comprometer a estrutura da porta. Confirmada a exequibilidade, a proposta de *layout* foi enviada ao cliente para apreciação, tendo recebido resposta favorável.

4.5 Ensaios

Uma bateria de condensadores é um dispositivo utilizado para corrigir o fator de potência em sistemas elétricos, melhorando a eficiência energética e reduzindo os custos de energia (Infocontrol, 2024). Um dos ensaios acompanhados foi a uma bateria de condensadores de 300 kvar (Figura 41), para o cliente Schneider, seguindo o protocolo de ensaios FAT (Factory Acceptance Test).



Figura 41 - Quadro a ser ensaiado.

O Protocolo de Ensaio FAT é um procedimento realizado para testar e verificar se um equipamento ou sistema atende aos requisitos e especificações previamente definidos antes de ser entregue ao cliente. Geralmente, o FAT é

realizado nas instalações do fabricante, onde o equipamento é produzido.

Na realização dos ensaios, há procedimentos a seguir, de forma sequencial, envolvendo várias componentes do elemento ensaiado.

4.5.1 Preparação

O primeiro passo consistiu em abrir os disjuntores de proteção dos escalões da Bateria (três escalões de 100 kVar), e em seguida os disjuntores (ou interruptores fusíveis) das tensões de comando, bem como o interruptor (geral) de entrada. Em seguida, procedeu-se à verificação dos binários de aperto de todas as ligações de potência e à identificação dos equipamentos de acordo com o esquema.

No passo seguinte procedeu-se à medição do isolamento entre fases e terra, com o recurso ao certificador multifunções da Figura 42. Para tal, foi aplicada uma tensão de 1kV durante um minuto e verifica-se se existe alguma fuga a terra. Para a realização deste ensaio é necessário certificar-se que o quadro não tem tensão e as proteções de equipamentos, como analisadores de energia, sinalizadores de fases, relés, ventiladores, termostatos, entre outro estejam abertos.



Figura 42 - Certificador multifunções para instalações.

Em seguida, mediu-se a capacidade dos condensadores para verificar se não existia nenhum defeito. Os resultados são apresentados na Figura 43.



N.º FAT- WO-
24 de Junho de 2024
Rev. A

PROTOCOLO DE ENSAIOS FAT

▲ **Preparação para ensaios**

1. Abrir disjuntores de proteção dos escalões ☒
2. Abrir disjuntores ou interruptores fusíveis de tensões auxiliares ☒
3. Abrir seccionador ☒
4. Verificar identificação de equipamentos de acordo com esquema elétrico (trafolites, etiquetas de papel e marcadores de fios/cabos) ☒
5. Verificar apertos de todas as ligações de potência através de chave dinamométrica ☒

6. Medir isolamento entre fases e terra do barramento 1kV 1 minuto

L1 – Terra	>999	MΩ
L2 – Terra	>999	MΩ
L3 – Terra	>999	MΩ
L1 – L2	>999	MΩ
L1 – L3	>999	MΩ
L2 – L3	>999	MΩ

7. Medir Capacidade dos Condensadores

Escalão Nº1 - 100 KVAR

L1 – L2	998	μF
L2 – L3	996	μF
L1 – L3	999	μF

Escalão Nº2 - 100 KVAR

L1 – L2	992	μF
L2 – L3	993	μF
L1 – L3	995	μF

Escalão Nº3 - 100 KVAR

L1 – L2	993	μF
L2 – L3	995	μF
L1 – L3	997	μF

Página 4 de 8

Figura 43 - Folha de registos de ensaio.

4.5.2 Circuitos de medida

Nesta fase dos ensaios, procede-se à energização do quadro a partir da rede de alimentação (400V AC), ligando o interruptor de entrada e os disjuntores das tensões de comando, avalia-se a presença de tensão, faz-se o arranque do relé varimétrico e liga-se o interruptor da ventilação forçada (termostato) e procede-se à parametrização do relé, conforme folha de ensaio da Figura 44.



N.º: FAT- WO-
24 de Junho de 2024
Rev. A

PROTOCOLO DE ENSAIOS FAT

Circuitos de Medida

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Energização da entrada da bateria a 400 VAC. | |
| a. Ligar interruptor corte geral | ☒ |
| b. Ligar interruptor fusível de comando | ☒ |
| c. Verificar presença de tensão de comandos através de multímetro e Arranque do relé Varimétrico | ☒ |
| d. Ligar interruptor fusível da ventilação forçada | ☒ |
| e. Verificar o funcionamento da ventilação forçada através da regulação dos respetivos termostatos | ☒ |
| 2. Configurar relé Varimétrico | ☐ |
| 3. Verificar valor de corrente medida no relé varimétrico | ☐ |

Observações e/ou informações a registar:

Página 6 de 8

Figura 44 - Protocolo de ensaio - circuitos de medida.

4.5.3 Circuito de comando e sinalização

Neste ponto é feita a verificação das saídas dos escalões, através do relé varimétrico, forçando as saídas do mesmo para verificar o funcionamento do contactor de cada escalão.



N.º FAT- WD- _____

24 de Junho de 2024

Rev. A

PROTOCOLO DE ENSAIOS FAT

Circuito de comando e sinalização

1. Comando dos escalões.

- | | |
|--|-------------------------------------|
| a. Verificar se o relé varimétrico se encontra energizados | ☒ |
| b. Atuar saída 1 do relé varimétrico | ☒ |
| c. Verificar atuação contactor KM1 (escalão 1) | ☒ |
| d. Atuar saída 2 do relé varimétrico | ☒ |
| e. Verificar atuação contactor KM2 (escalão2) | ☒ |
| f. Medir e registar valor da corrente do escalão 2: | ☒ |
| g. Atuar saída 3 do relé varimétrico | ☒ |
| h. Verificar atuação contactor KM3 (escalão3) | ☒ |
| i. Medir e registar valor da corrente do escalão 3: | ☒ |

Observações e/ou informações a registar:

Figura 45 - Verificação de escalões.

Após o término dos ensaios, desliga-se a fonte de alimentação do equipamento, e efetua-se uma verificação final, com vista à entrada em exploração.

5 CONCLUSÕES

O estágio realizado na Prisnov proporcionou uma experiência prática fundamental para o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos durante a licenciatura e mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia.

Durante o período de estágio, a exposição a uma ampla variedade de tarefas e responsabilidades, permitiu ampliar significativamente a compreensão dos processos industriais relacionados com a conceção, montagem e ensaios finais de quadros elétricos. O estagiário participou nas diversas etapas do processo de fabrico de um quadro elétrico, desde a análise e interpretação de projetos, orçamentação, criação de esquemas elétricos e *layouts*, até aos ensaios dos quadros elétricos. Foram adquiridas competências na utilização de várias ferramentas de software em uso na Prisnov, tais como EPLAN, AUTOCAD, HAGERCAD.pro e EcoStruxure Power Build, essenciais para a realização dos projetos de quadros elétricos, permitindo uma maior precisão e eficiência no desenvolvimento dos trabalhos.

Complementarmente, o estagiário teve de se enquadrar com os normativos técnicos mais relevantes, nomeadamente IEC 61439-1, IEC 61439-2 e as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão, proporcionando uma compreensão mais profunda dos requisitos normativos e de segurança envolvidos na produção de quadros elétricos.

O estagiário foi, ainda, desafiado a implementar um sistema de repositório digital para documentação relativa aos quadros elétricos fabricados, acessível através de um QR *code* afixado na chapa de características de cada quadro. Desta forma, é possível o acesso a toda a documentação relativa ao quadro elétrico, desde o esquema elétrico atualizado, certificado CE, folha de ensaios do quadro e fichas técnicas dos equipamentos nele contidos, facilitando bastante o trabalho de quem necessita de intervir nos quadros. Este projeto não só destacou a importância da

inovação tecnológica no ambiente industrial, mas também demonstrou como soluções simples podem ter um grande impacto na produtividade e na gestão de processos. Esta solução passou a ser implementada. A partir de 01 de janeiro de 2024, em todos os quadros produzidos pela Prisnov.

Alguns dos desafios enfrentados passaram pela adaptação de projetos iniciais para acomodar soluções construtivas viáveis e pela realização de ensaios rigorosos para garantir a conformidade com as normas de segurança. Estes desafios foram superados graças ao apoio contínuo dos supervisores e colegas de trabalho, que forneceram orientação e compartilharam os seus conhecimentos e experiências.

Em termos de desenvolvimento profissional, o estágio na Prisnov contribuiu de maneira significativa para a formação do estagiário para o exercício da profissão de Engenheiro Eletrotécnico, onde as competências técnicas e de relacionamento interpessoal são fundamentais. A importância do trabalho em equipa, da comunicação eficaz e da constante busca por melhorias e inovações são pontos fulcrais deste processo.

Pelo exposto, consideram-se cumpridos os objetivos gerais e específicos traçados para o período de estágio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (2017). *Guia de Apoio Conjuntos NP 61439 - Prescrição e Execução*. Retrieved from https://www.voltimum.pt/sites/www.voltimum.pt/files/pdflibrary/guia_de_apoio_conjuntos_np_61439_pproved.pdf
- Coimbra. (2024). *coimbra*. Retrieved from <https://www.coimbra.pt/2023/10/coimbra-reconheceu-merito-de-152-empresas-no-encerramento-do-invest-summit23/>
- Ensinando eletrica*. (2024). Retrieved from <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2017/11/o-que-e-um-rele-sequencial-de-fase-e.html>
- EPLAN. (2024). Retrieved from <https://www.eplan.pt/empresa/empresa/sobre-nos/>
- Fluke Europa. (2008). *Ensaaios a instalações eléctricas básicas*. Retrieved from <https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/ensaaios-instalacoes>
- GoldEnergy. (2024). Retrieved from <https://goldenergy.pt/glossario/aquecimento-ventilacao-ar-condicionado-avac/>
- Infocontrol. (2024). Retrieved from <https://www.infocontrol.pt/artigos-tecnicos/reduza-fatura-eletricidade-poupe-dinheiro/>
- Noticias de Coimbra*. (2024). Retrieved from <https://www.noticiasdecoimbra.pt/camara-vende-lote-terreno-no/>
- Pereira, B. M. (2018). *Otimização e formalização dos procedimentos de ensaio dielétrico de produtos de média tensão*. porto: ISEP. Retrieved from https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/14658/1/DM_BrunoPereira_2018_MEEC.pdf
- POSEUR. (2024). *Sistema de Mobilidade do Mondego – Aplicação de um Sistema MetroBus*. Retrieved from POSEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos: <https://poseur.portugal2020.pt/pt/projetos/fichas-de-projetos/POSEUR-01-1407-FC-000060/>
- RTIEBT. (2006). Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão. *Diário da República*(Instalações Elétricas de Baixa Tensão), 192.
- Schneider. (2024). Retrieved from <https://blog.se.com/energy-management-energy-efficiency/energy-regulations/2014/02/06/iec-60898-1-iec-60947-2-tale-two-standards/>
- Voltimum. (2024). Retrieved from <https://www.voltimum.pt/artigos/artigos-tecnicos/nova-norma-np-iec-61439>



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra