



Processos de revisão documental e processual em projetos industriais

BERNARDO VIANA DE OLIVEIRA
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Especialização de Manutenção e Produção

Orientador:

Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão

Júri:

Presidente: Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes
Vogais:

Doutor Rui Manuel Ferreira Leal

Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão

Março de 2025

Página intencionalmente deixada em branco

Processos de revisão documental e processual em projetos industriais

BERNARDO VIANA DE OLIVEIRA
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Especialização de Manutenção e Produção

Orientador:

Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão, ISEL/IPL

Júri:

Presidente: Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes, ISEL/IPL

Vogais:

Doutor Rui Manuel Ferreira Leal, ESAD.CR/IPLeiria

Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão, ISEL/IPL

Março de 2025

Página intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

À medida que concluo este trabalho, não posso deixar de expressar a minha profunda gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a sua realização.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Prof. Doutor Ivan Galvão pela sua empatia e orientação ao longo deste percurso. A sua compreensão e apoio foram fundamentais para superar os desafios encontrados e para o meu desenvolvimento académico e pessoal.

Ao Engenheiro Diogo Brito e Cunha, manifesto o meu sincero apreço pela sua experiência, mentoria e, acima de tudo, pela amizade que construímos. O seu conhecimento e disponibilidade foram essenciais para o sucesso deste estágio e para a concretização deste trabalho.

Agradeço ao Engenheiro Miguel Nunes pela amizade, apoio e companheirismo demonstrados. A sua colaboração tornou este percurso mais enriquecedor e estimulante.

Expresso a minha gratidão ao Engenheiro Francisco Oliveira pela amizade, pelo seu bom coração e pela constante disponibilidade em ajudar. O seu apoio foi um pilar importante durante este processo.

Aos meus pais, não tenho palavras suficientes para agradecer. Ao meu pai, pelo apoio incondicional e pelas ferramentas que me proporcionou para alcançar os meus objetivos. À minha mãe, pela fé inabalável em mim, pela estabilidade e conforto que sempre me transmitiu.

Agradeço a todos os Professores do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), de quem sempre recebi saberes e incentivo. O conhecimento e dedicação que partilharam foram fundamentais para a minha formação.

À MECWIDE, expresso o meu reconhecimento por todo o suporte e excelentes condições de trabalho que me foram proporcionadas. A oportunidade de participar em projetos desafiantes e enriquecedores foi determinante para o desenvolvimento deste trabalho final de mestrado.

Por último, mas não menos importante, à minha parceira Alice Severiano. O seu apoio incondicional, compreensão e as chamadas à realidade e para o que era realmente importante foram essenciais para continuar apesar de todas as adversidades. Sem ela, esta jornada teria sido impossível.

A todos, o meu sincero obrigado.

“Perfection is not attainable, but if we chase perfection, we can catch excellence.”

Coach Vince Lombardi

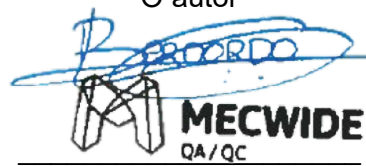
Página intencionalmente deixada em branco

.....

Declaração de integridade

Declaro que este relatório de estágio é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor



MECWIDE
QA/QC

Lisboa, 20 de Março de 2025

Página intencionalmente deixada em branco

Processos de revisão documental e processual em projetos industriais

Resumo

O presente trabalho situa-se no âmbito de um estágio profissional levado a cabo na Mecwide S.A., incidindo nos processos de revisão documental e processual em projetos industriais. A escolha deste tema justifica-se pela crescente complexidade das instalações industriais e pela necessidade de garantir a conformidade com normas internacionais, requisitos regulamentares e diretivas setoriais. A adoção de uma gestão eficaz da documentação e dos processos técnicos revela-se fundamental para assegurar a rastreabilidade e a qualidade ao longo de todas as fases de execução.

No decurso do estágio, foi analisada em detalhe a forma de atuação do Departamento da Qualidade da Mecwide, procurando-se assegurar o controlo de qualidade do produto final, a melhoria contínua dos processos de fabrico e o aumento da eficiência produtiva em três projetos de engenharia. Neste processo, examinaram-se métodos de controlo de qualidade e de gestão documental, abrangendo a elaboração de planos de inspeção, a supervisão das etapas de fabricação e montagem, bem como a gestão de subcontratados, assegurando o cumprimento dos prazos e requisitos estabelecidos em contrato. Como suporte tecnológico, recorreram-se a ferramentas como o SharePoint e o iDeals, que se mostraram determinantes na atualização e acessibilidade dos documentos a todas as partes envolvidas.

Os resultados evidenciam que a adoção de boas práticas de gestão da qualidade e o uso de plataformas digitais permitem alcançar níveis elevados de conformidade e eficiência, agilizando significativamente o intervalo entre a conclusão da fase de execução e a entrega da documentação final. Neste sentido, conclui-se que uma gestão documental sólida, apoiada por um controlo de qualidade rigoroso, é imprescindível para o êxito de projetos industriais de grande envergadura. O trabalho apresentado contribuiu para o desenvolvimento de competências técnicas e de gestão, aplicando na prática os conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia Mecânica e fomentando a preparação para novos desafios no setor.

Palavras-chave: Garantia de Qualidade, Controlo de Qualidade, Gestão Documental, Revisão Processual, Projetos Industriais

Página intencionalmente deixada em branco

Procedures of Document and Process review in Industrial Projects

Abstract

This work stems from a professional internship carried out at Mecwide S.A., focusing on document and process review within industrial projects. The choice of this topic is justified by the increasing complexity of industrial installations and the necessity of ensuring compliance with international standards, regulatory requirements, and sector-specific directives. Effective management of documentation and technical processes proves fundamental to guaranteeing traceability, safety, and quality throughout every stage of execution.

During the internship, a detailed assessment was performed of the Quality Department's procedures, aiming to ensure final product quality control, continuous improvement of manufacturing processes, and increased productivity in three engineering projects. This evaluation encompassed the design of inspection plans, supervision of fabrication and assembly, and subcontractor management, ensuring adherence to contractual requirements and deadlines. Technological tools such as Microsoft SharePoint and iDeals were employed to facilitate real-time updates and access to documents for all involved parties.

The results show that applying best practices in quality management and adopting digital platforms enable high levels of compliance and efficiency, significantly reducing the time from project completion to the delivery of final documentation. Consequently, a solid document management approach, supported by strict quality control, is deemed essential for the success of large-scale industrial projects. This work has contributed significantly to the development of both technical and management skills, translating theoretical knowledge from Mechanical Engineering coursework into practical scenarios and preparing for future challenges in the sector.

Keywords: Quality Assurance, Quality Control, Document Management, Process Review, Industrial Projects

Página intencionalmente deixada em branco

Lista de Siglas

Siglas

AICPA – *American Institute of Certified Public Accountants*
API – *American Petroleum Institute*
ASME – *American Society of Mechanical Engineers*
ASTM – *American Society for Testing and Materials*
BOM – *Bill Of Material*
BW – *Butt Weld*
CE - *Conformité Européenne*
DN – *Diâmetro Nominal*
E&I – *Eletrónica e Instrumentação*
EN – *Europäische Norm*
END – *Ensaio Não Destrutivo*
EPCC - *Engineering, Procurement, Construction and Commissioning*
EPS – *Especificação de Procedimento de Soldadura*
FW – *Field Weld ou Fillet Weld*
GDPR – *General Data Protection Regulation*
GRDU – *Gas Reception and Distribution Unit*
HT – *Hardness Testing*
ISEL – *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*
ISO - *International Organization for Standardization*
ITP - *Inspection and Test Plan*
MT – *Magnetic Testing*
MTO – *Material Take-Off*
NCR – *Nonconformance Report*
NDT – *Non-Destructive Testing*
NoBo – *Notified Body*
P&ID – *Piping and Instrumentation Diagram*
PDCA – *Plan-Do-Check-Act*
PED – *Pressure Equipment Directive*
PIE – *Plano de Inspeções e Ensaio*
PL – *Packing List*
PO – *Purchase Order*
PQP – *Project Quality Plan*
PT – *Penetrant Testing*

PWHT – *Post-Weld Heat Treatment*

QC – *Quality Control*

QA – *Quality Assurance*

RFQ – *Request For Quotation*

RT – *Radiographic Testing*

SCH – *Schedule*

SW – *Shop Weld ou Socket Weld*

UC – *Unidade Curricular*

UT – *Ultrasonic Testing*

VT – *Visual Testing*

WPS – *Welding Procedure Specification*

WPQR – *Welding Procedure Qualification Record*

ZTA – *Zona Termicamente Afetada*

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO	2
1.2	OBJETIVOS	2
1.3	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	3
2	ESTADO DA ARTE	5
2.1	NORMAS E DIRETRIZES	6
2.2	MELHORES PRÁTICAS	9
2.3	FERRAMENTAS	10
2.3.1	<i>Microsoft SharePoint</i>	10
2.3.2	<i>Microsoft Planner</i>	14
2.3.3	<i>Ficheiro de controlo documental</i>	16
2.3.4	<i>Softwares de Revisão e Controlo Documental</i>	17
3	EMPRESA ONDE DECORREU O ESTÁGIO – MECWIDE S.A.	21
3.1	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	23
3.2	DEPARTAMENTO DA QUALIDADE	24
3.3	DESCRIÇÃO DO ESTÁGIO	25
3.3.1	<i>Atividades Realizadas</i>	26
3.3.2	<i>Principais Projetos Realizados</i>	28
3.4	DESEMPENHO DE FUNÇÕES	28
3.5	FORMAÇÃO PROFISSIONAL	29
3.5.1	<i>Formação em Ensaios Não-Destrutivos (NDTs)</i>	29
3.5.2	<i>Formação em Tratamentos Anticorrosivos</i>	30
4	ESTRUTURA GERAL DE UM PROJETO DE TUBAGEM	31
4.1	FASES DE UM PROJETO DE TUBAGEM	31
4.1.1	<i>Pedido de Cotação</i>	32
4.1.2	<i>Revisão técnica e Orçamentação</i>	33
4.1.3	<i>Ordem de compra</i>	34
4.1.4	<i>Garantia da Qualidade e Documentação</i>	34
4.1.5	<i>Produção e Fabrico</i>	36
4.1.6	<i>Controlo de Qualidade e Registos</i>	39
4.1.7	<i>Testes e Ensaios</i>	44
4.1.8	<i>Comissionamento</i>	45
4.2	APLICAÇÃO PRÁTICA NOS PROJETOS VYNCKE, BIOWANZE E FALCÃO 2	46
4.2.1	<i>Projeto PCL21367 – Vyncke NV</i>	47
4.2.2	<i>Projeto PCL22106 – BioWanze NV</i>	47

4.2.3	<i>Projeto PCL21267 – Sonangol – Falcão 2</i>	48
4.3	PROJETOS INTEGRADOS	49
4.3.1	<i>PCL21367 – Vyncke NV</i>	49
4.3.2	<i>PCL22106 – BioWanze NV</i>	72
4.3.3	<i>PCL21267 – Sonangol - Falcão 2</i>	79
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	87
5.1	CONCLUSÕES	87
5.2	TRABALHOS FUTUROS.....	88
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

Índice de figuras

FIGURA 2.1 – GESTÃO DE ACESSOS E TIPO DE CREDENCIAIS (SHAREPOINT).	10
FIGURA 2.2 - HISTÓRICO DE VERSÕES E BACKUPS (SHAREPOINT).	11
FIGURA 2.3 – PESQUISA AVANÇADA ATRAVÉS DE MÚLTIPLOS FILTROS (SHAREPOINT).	12
FIGURA 2.4 – CRIAÇÃO DE SITES PERSONALIZADOS PARA ORGANIZAÇÕES, DEPARTAMENTO, EQUIPAS (SHAREPOINT).	12
FIGURA 2.5 - ESTRUTURA DE ORGANIZAÇÃO DE UMA PASTA DE PROJETO (SHAREPOINT).	13
FIGURA 2.6 - AMBIENTE DE TRABALHO COM TAREFAS ORGANIZADAS POR PROJETO (PLANNER).	15
FIGURA 2.7 - Q48 - REGISTO DE DOCUMENTOS.	16
FIGURA 2.8 – PROTEÇÃO DE DOCUMENTOS COM MARCA DE ÁGUA (IDEALS).	18
FIGURA 2.9 - AMBIENTE DE TRABALHO E ESTRUTURA (IDEALS).	19
FIGURA 2.10 - REGISTO E HISTÓRICO DE ATIVIDADES (IDEALS).	19
FIGURA 3.1 - MAPA DE PRESENÇA DO GRUPO MECWIDE.	21
FIGURA 3.2 - CERTIFICAÇÕES ORGANIZACIONAIS (MECWIDE S.A.).	21
FIGURA 3.3 - LEMA MECWIDE (TRABALHAR DURO, DIVERTIR-SE, SEM DRAMAS).	22
FIGURA 3.4 ORGANIGRAMA ORGANIZACIONAL (MECWIDE S.A.).	23
FIGURA 3.5 - ORGANIGRAMA DO DEPARTAMENTO DE QUALIDADE (MECWIDE S.A.).	25
FIGURA 4.1 - FLUXOGRAMA PROCESSUAL DE FASES DE UM PROJETO.	31
FIGURA 4.2 - EXEMPLO DE UMA WPS DO PROJETO PCL21367.	35
FIGURA 4.3 – SERROTE MECÂNICO.	37
FIGURA 4.4 - MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA.	37
FIGURA 4.5 - MÁQUINA DE CHANFRO PNEUMÁTICA.	37
FIGURA 4.6 - EXEMPLO DE UMA SOLDADURA POR PONTOS PARA FIXAÇÃO DE TUBO A UMA CURVA.	38
FIGURA 4.7 - GRÁFICO DE PWHT, TEMPERATURA [°C] EM FUNÇÃO DO TEMPO [HORAS].	39
FIGURA 4.8 - IDENTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE DE COMPONENTES.	40
FIGURA 4.9 - Q27 - SECÇÃO 1 (IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA).	40
FIGURA 4.10 - Q27 - SECÇÃO 2 (IDENTIFICAÇÃO DA LIGAÇÃO).	41
FIGURA 4.11 - Q27 - SECÇÃO 3 (DADOS DE SOLDADURA).	41
FIGURA 4.12 - Q31 – EXEMPLO DE FOLHA DE PRODUÇÃO DE SOLDADOR E CONTEÚDOS.	41
FIGURA 4.13 - Q27 - SECÇÃO 4 (RELATÓRIOS NDTs).	42
FIGURA 4.14 - Q27 - SECÇÃO 5 (TRATAMENTOS TÉRMICOS).	42
FIGURA 4.15 - Q27 - SECÇÃO 6 (ENSAIO DE PRESSÃO).	43
FIGURA 4.16 - INSPEÇÃO VISUAL E FERRAMENTAS UTILIZADAS (ESCANTILHÕES).	43
FIGURA 4.17 - INSPEÇÃO VISUAL INDIRETA VIA ESPELHO.	44
FIGURA 4.18 - CALDEIRA DE COGERAÇÃO VYNCKE.	49
FIGURA 4.19 - MODELO 3D (EDIFÍCIO DA CALDEIRA).	51
FIGURA 4.20 - MODELO 3D (CALDEIRA + TUBAGEM).	51
FIGURA 4.21 - DESENHOS TÉCNICOS (VYNCKE NV).	52
FIGURA 4.22 - INFORMAÇÃO TÉCNICA (VYNCKE NV).	52

FIGURA 4.23 - DESENHO DO SISTEMA DE TUBAGEM COM INFORMAÇÕES DE DESING (VYNCKE NV).	53
FIGURA 4.24 - MATERIAL TAKE-OFF REFERENTE AO PROJETO PCL21367.	53
FIGURA 4.25 - DESENHOS DE SUPORTES REFERENTES AO PROJETO PCL21367.	54
FIGURA 4.26 - ANÁLISE DE MATERIAIS E DIMENSÕES VERSUS PORTEFÓLIO DE WPQRS.	55
FIGURA 4.27 - ESTUDO DE ISOMÉTRICOS PARA ANÁLISE DE TIPOLOGIA DE JUNTA E MATERIAIS ENVOLVIDOS.	57
FIGURA 4.28 - PLANO DE INSPEÇÕES E ENSAIOS (ITP) - PCL21367.	58
FIGURA 4.29 - CADERNO DE SOLDADURA - PCL21367.	59
FIGURA 4.30 - PROCEDIMENTO DE TRATAMENTOS TÉRMICOS (TRATERME).	60
FIGURA 4.31 - ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO DE PRESSÃO.	61
FIGURA 4.32 – GRÁFICO DE PRESSURIZAÇÃO (PRESSÃO [BARG] EM FUNÇÃO DO TEMPO [MINUTOS]).	62
FIGURA 4.33 - Q113 – PEDIDO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS.	65
FIGURA 4.34 – EXEMPLO DE RELATÓRIOS DE NDTs - RADIOGRAFIA (RT).	66
FIGURA 4.35 - SUPERVISÃO DE TRATAMENTOS TÉRMICOS ÀS SOLDADURAS.	67
FIGURA 4.36 - RELATÓRIO DE PWHT.	68
FIGURA 4.37 - RELATÓRIO DE ENSAIO HIDRÁULICO.	69
FIGURA 4.38 - ÍNDICE DO DOSSIER.	70
FIGURA 4.39 - Q68 - PROTOCOLO DE ENTREGA.	71
FIGURA 4.40 - IMAGEM AÉREA DA CENTRAL BIOWANZE EM WANZE, BÉLGICA.	72
FIGURA 4.41 - TABELA DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE (ANEXO II, PED2014/68/EU).	75
FIGURA 4.42 – IMAGENS PROVENIENTE DO FICHEIRO 3D DAS INSTALAÇÕES.	79
FIGURA 4.43 - GRAU DE PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE.	82
FIGURA 4.44 - ÁREA E CONDIÇÕES DE TRABALHO.	82
FIGURA 4.45 - MEDIÇÃO DE ESPESSURAS SECAS.	83
FIGURA 4.46 - CERTIFICADO DE CONCLUSÃO MECÂNICA.	84

Índice de Tabelas

TABELA 4.1 – DADOS TÉCNICOS PARA TRATAMENTO TÉRMICO PROVENIENTE DA EN 13480-4:2017	56
TABELA 4.2 - GRUPOS DE MATERIAL DE ADIÇÃO, PROVENIENTE DA ISO 9606-1:2012.	59
TABELA 4.3 - TABELA 1 DE PARÂMETROS DE TRATAMENTO TÉRMICO (TRATERME).....	60

Página intencionalmente deixada em branco

1 Introdução

A crescente complexidade dos projetos industriais é um resultado direto da evolução tecnológica, do aumento da escala produtiva e da interconexão dos mercados globais. Em setores como o da metalomecânica, energia e óleo & gás, as exigências em termos de qualidade, segurança e eficiência têm vindo a intensificar-se, impulsionadas por fatores regulatórios, competitividade e preocupações ambientais. Este cenário impõe, por um lado, um rigoroso cumprimento de normas internacionais e, por outro, uma gestão integrada do ciclo de vida do projeto, desde o planeamento e conceção até à execução, comissionamento e entrega final.

Neste contexto, o controlo documental e processual desempenha um papel central na garantia de boa gestão da informação, assegurando que todos os elementos críticos sejam geridos de forma estruturada e coerente. A revisão metódica de cadernos de encargos e documentação técnica, incluindo desenhos técnicos, fichas técnicas (*Data Sheets*), especificações e normas, permite alinhar as práticas internas com os requisitos em vigor, prevenindo incumprimento de requisitos impostos, falhas, atrasos e custos adicionais. Quando estas atividades não são devidamente estruturadas, projetos complexos tornam-se mais suscetíveis a problemas que podem afetar prazos, comprometer recursos financeiros, pôr em causa a segurança das operações e prejudicar a reputação da organização.

É neste enquadramento que se insere a experiência do estágio desenvolvido no Departamento de Qualidade da Mecwide, uma empresa de referência no setor da engenharia e construção industrial. Ao longo deste período, participou-se nos processos de revisão contratual, documental e controlo de qualidade de três projetos industriais de grande envergadura: PCL21367 – Vyncke NV, PCL22106 – Biowanze NV, e PCL21267 – Sonangol Falcão 2. Tratando-se de empreendimentos caracterizados por sistemas de tubagem complexos, equipamentos sob pressão e infraestruturas industriais críticas, estas atividades proporcionaram um ambiente propício ao desenvolvimento de competências técnicas de Engenharia Mecânica e de Gestão da Qualidade, bem como à aplicação prática de conceitos adquiridos durante o percurso académico, mas também profissional, como os princípios normativos, metodológicos e tecnológicos inerentes ao controlo documental.

1.1 Motivação

À medida que a complexidade e a sofisticação dos empreendimentos aumentam, torna-se imperativo contar com sistemas rigorosos de Gestão da Qualidade, capazes de assegurar a conformidade com normas, regulamentos e diretivas. A motivação para este trabalho decorre dessa crescente relevância da aplicação de processos de revisão documental e processual em projetos industriais, particularmente no que diz respeito à garantia e controlo da qualidade, que permite aumentar a satisfação dos clientes e reforçar a credibilidade da organização num mercado cada vez mais exigente.

Neste contexto, a consolidação de conhecimentos práticos sobre revisão documental e controlo de qualidade assume um papel central no fortalecimento de competências técnicas e na promoção da melhoria contínua. Essa abordagem, ao apoiar a tomada de decisões informadas e a otimização dos processos, permite que as organizações respondam, de forma mais eficiente, aos desafios que emergem numa indústria de alta competição e inovação contínua. Entende-se este estágio como uma forma de compreender, aplicar e aperfeiçoar métodos de controlo documental e operacional em projetos complexos, contribuindo para consolidar os saberes adquiridos ao longo do percurso académico e desenvolvendo uma base sólida para futuros desafios.

1.2 Objetivos

Ao longo da integração no Departamento da Qualidade da Mecwide, visou-se assegurar o controlo da qualidade do produto final, promover a melhoria contínua dos processos de fabrico e incrementar a eficiência produtiva em três projetos de engenharia. Para tal, foram desempenhadas diversas funções, desde a revisão técnica dos cadernos de encargos—essenciais para a definição rigorosa dos requisitos—até à elaboração de Planos de Inspeção e Ensaios (PIEs, também conhecido como ITPs – *Inspection and Test Plans*), com particular enfoque no controlo de qualidade do produto acabado e na gestão de subcontratados. Adicionalmente, a possibilidade de acompanhar e supervisionar a fabricação e montagem de sistemas de tubagem em grandes complexos industriais revelou-se determinante para adquirir ferramentas práticas de análise crítica de processos técnicos, bem como para aprofundar o conhecimento sobre a aplicação de normas e códigos internacionais de construção, reforçando a capacidade de contribuir para a excelência da qualidade em ambientes industriais complexos.

Esta experiência profissional constituiu ainda uma oportunidade privilegiada para aplicar e consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Mecânica. Unidades Curriculares (UC) como Materiais, Soldadura, Processos de Ligação de Materiais e Mecânica da Fratura mostraram-se cruciais para o desenvolvimento de procedimentos de soldadura e o aperfeiçoamento dos processos de fabrico. Por seu

turno, Desenho Técnico, Desenho Assistido por Computador e Desenho de Construções Mecânicas forneceram instrumentos para uma interpretação rigorosa e um espírito crítico na análise dos cadernos de fabrico. Finalmente, as UCs de Gestão da Qualidade e Projeto Mecânico foram aplicadas de forma exemplificativa, ilustrando a relevância prática destes conteúdos na execução das atividades do estágio.

1.3 Estrutura do Documento

Este documento encontra-se organizado em cinco capítulos, proporcionando uma visão clara e progressiva do trabalho desenvolvido. No Capítulo 2, apresenta-se a revisão da literatura, explorando normas, metodologias e abordagens utilizadas na gestão da qualidade e na revisão documental em projetos industriais. O Capítulo 3 descreve a empresa onde o estágio foi realizado, com especial foco no Departamento da Qualidade e nas certificações que suportam as suas práticas de controlo. Por sua vez, no Capítulo 4, são detalhadas as atividades desenvolvidas durante o estágio, analisando os projetos integrados PCL21367, PCL22106 e PCL21267, bem como as suas respetivas fases e etapas características e documentação envolvida. Finalmente, no Capítulo 5, apresentam-se as conclusões e recomendações, refletindo sobre o impacto deste trabalho na formação e na otimização dos processos da organização.

Página intencionalmente deixada em branco

2 Estado da Arte

A literatura sobre a revisão documental e processual em projetos industriais destaca o papel central da organização, acessibilidade e conformidade normativa como fatores-chave para assegurar a qualidade e eficiência dos empreendimentos. A complexidade inerente a estes ambientes, caracterizados por múltiplas partes interessadas, normas técnicas rigorosas e a necessidade de manter elevados padrões de qualidade, torna essencial a implementação de sistemas de controlo documental robustos [1, 2].

Uma das abordagens mais consolidadas neste domínio é a gestão sistemática da informação técnica, garantindo que todos os documentos, desde desenhos e fichas técnicas a listas de materiais e especificações, estejam devidamente codificados, atualizados e acessíveis a todos os intervenientes [1]. Esta perspetiva é reforçada por livros de referência, como *Document Control: A Guide for Quality Management Systems*, de Leslie Edwards, que salienta a importância da definição de fluxos de informação e aprovação, da normalização dos formatos documentais e da manutenção da rastreabilidade ao longo do ciclo de vida do projeto [1]. De igual modo, *Engineering Documentation Control Handbook*, de Frank B. Watts, aprofunda o tema do controlo de versões, evidenciando as consequências de utilizar documentação desatualizada e sublinhando a necessidade de processos rigorosos de revisão e validação [2].

A aplicação destas metodologias é frequentemente enquadrada no contexto mais amplo da gestão de projetos. O *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* defende que o controlo documental não é um fim em si mesmo, mas sim um elemento integrado num sistema mais vasto de gestão do projeto, garantindo coerência entre as diferentes fases e áreas de conhecimento envolvidas [3]. Neste sentido, a literatura aponta para uma harmonização entre técnicas de gestão documental e normas internacionais, tais como ISO (*International Organization for Standardization*), em particular a ISO 9001, centrada na gestão da qualidade, ou em normas EN (*Europäische Norm*) e ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) como a EN 13480 e a ASME B31.3, orientadas para a integridade e segurança das instalações de tubagem industrial [1, 2, 4 - 9]. A implementação coerente destas normas e códigos não só promove a padronização e a melhoria contínua, como também reduz o risco de não conformidades, atrasos e custos adicionais associados à correção de falhas.

Outro contributo para a compreensão das melhores práticas de revisão documental e processual provém de publicações que abordam a gestão de projetos de construção em larga escala. Por exemplo, *Construction Project Management*, de Frederick Gould e Nancy Joyce, evidencia a importância que a manutenção consolidada de documentação tem em assegurar a sua conformidade, mostrando a relevância do controlo documental

durante a fase de execução [4]. Já *Effective Document and Data Management: Unlocking Corporate Content*, de Bob Wiggins, explora o papel da digitalização e da automação na otimização do fluxo de informações, permitindo maior transparência, acessibilidade e redução do retrabalho associado à procura e validação de dados [5]. Neste panorama, a conformidade com normas de gestão da qualidade ganha particular destaque, sobretudo no que respeita à ISO 9001. Em *ISO 9001: 2015 and Beyond*, Greg Hutchins sublinha a importância da documentação não só como evidência de conformidade, mas também como suporte a uma cultura de melhoria contínua [6, 10]. A literatura especializada converge, assim, na afirmação de que a eficácia do controlo documental depende tanto da adoção de metodologias e ferramentas adequadas, como da capacidade de garantir a sua integração coerente no contexto organizacional e operacional. Ao conjugar procedimentos claros, formação adequada e tecnologias de suporte, as empresas criam as condições necessárias para assegurar a integridade da informação, o cumprimento dos requisitos legais e contratuais, bem como a otimização de processos, elementos críticos para o sucesso sustentável dos projetos industriais.

2.1 Normas e Diretrizes

Normas e Diretrizes fornecem orientações técnicas específicas para a execução de diferentes processos, desde o fabrico até à montagem de componentes industriais. A conformidade com estas diretrizes não só assegura a integridade técnica dos projetos, mas também facilita auditorias, inspeções e certificações. Neste subcapítulo, são apresentadas as principais normas e diretrizes aplicáveis no contexto da gestão documental e processual de projetos industriais.

A ISO 9001:2015 – Sistemas de Gestão da Qualidade é amplamente reconhecida como o principal referencial para a certificação de sistemas de gestão orientados à qualidade, sendo aplicável a organizações de vários setores e dimensões [6, 10]. Esta norma surgiu como uma evolução das versões anteriores, incorporando agora uma abordagem mais clara do *risk-based thinking*, o que exige que as organizações identifiquem e gerem ativamente riscos e oportunidades nos seus processos críticos. A adoção do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) é reforçada, promovendo a melhoria contínua como pilar central da eficácia organizacional.

No que toca à gestão documental e de registos, a ISO 9001:2015 atribui um papel preponderante à existência de processos controlados, auditáveis e devidamente rastreáveis. A organização deve assegurar-se de que os documentos permanecem atualizados, prontamente disponíveis e protegidos contra acesso ou alterações indevidas. Esta ênfase na rastreabilidade e no controlo de versões fomenta a adoção de ferramentas como plataformas de gestão documental ou sistemas de fluxos de trabalho que garantem a consistência e a integridade dos registos [1, 10]. Além disso, a

norma exige a documentação de evidências que comprovem a conformidade com requisitos contratuais, normativos e do cliente, fornecendo bases sólidas para auditorias internas e externas.

Outro aspecto crucial é a inclusão expressa do contexto da organização, encorajando a identificação das partes interessadas e a análise das suas necessidades. O papel da liderança recebe também maior enfoque, assegurando que a Alta Direção demonstra compromisso efetivo com o sistema de gestão da qualidade, estabelecendo objetivos alinhados com a estratégia global da empresa. Esta conjunção de fatores — foco na satisfação do cliente, abordagem preventiva ao risco e compromisso com a melhoria contínua — faz da ISO 9001:2015 uma ferramenta robusta para fortalecer a reputação, a competitividade e a capacidade de resposta das organizações num mercado cada vez mais exigente [6, 10].

- EN 13480

A EN 13480 estabelece uma abordagem detalhada para o projeto, fabrico, instalação e inspeção de tubagens metálicas em aplicações industriais, constituindo um referencial de grande relevância no contexto europeu. Dentro desta norma, destacam-se em particular as partes 4 e 5, que incidem respetivamente nos procedimentos de fabrico e instalação, bem como nas inspeções e testes necessários para garantir a segurança operacional do sistema de tubagens [7, 8].

A Parte 4, respeitante ao fabrico, descreve de forma sistemática os requisitos de soldadura, a qualificação de procedimentos e de soldadores, bem como o controlo de materiais e a preparação dos componentes para montagem. Esta secção indica os parâmetros a observar durante a execução de juntas soldadas, estabelecendo critérios de pré-aquecimento, pós-aquecimento e tratamentos térmicos (*Post Weld Heat-Treatments* – PWHT) necessários para manter a integridade metalúrgica dos materiais sujeitos a pressões e temperaturas elevadas. Contempla também disposições acerca da rastreabilidade dos consumíveis e a documentação obrigatória que deve acompanhar cada junta soldada, assegurando a coerência entre o planeamento e a execução na oficina ou em obra [7].

Por seu turno, a Parte 5 aborda a inspeção e os ensaios de tubagens após a sua instalação, detalhando os métodos de verificação tanto dimensionais como funcionais, a realização de Ensaios Não Destrutivos (END, comumente apelidado de NDT – *Non-Destructive Testing*) (por exemplo, radiografia, ultrassons, partículas magnéticas e líquidos penetrantes) e a obrigatoriedade de ensaios de pressão (hidrostáticos ou pneumáticos) para confirmar a resistência global da tubagem [8]. Esta secção inclui ainda referências aos critérios de aceitação aplicáveis a cada tipo de descontinuidade, bem como à forma de registar as inspeções realizadas. Juntas, as Partes 4 e 5 da EN 13480 garantem a uniformização de critérios técnicos e de qualidade na fabricação

e teste de tubagens metálicas, conferindo maior fiabilidade, rastreabilidade e segurança ao setor industrial onde estas instalações são aplicadas.

- ASME B31.3

A ASME B31.3 – *Process Piping* é um dos mais adotados referenciais normativos para tubagens de processo, especialmente em indústrias química, petroquímica e de refinação. A sua abordagem incide no design, na seleção de materiais, na execução das juntas soldadas e nas verificações necessárias para assegurar a integridade dos sistemas de tubagem sujeitos a pressões, temperaturas e ambientes potencialmente severos [9]. Em contrapartida, a EN 13480 representa o conjunto normativo europeu para tubagens metálicas industriais, dividido em várias partes que cobrem desde o projeto ao fabrico, instalação e ensaios de inspeção [7, 8].

Embora ambas as normas tenham como objetivo garantir a segurança e o desempenho das instalações de tubagem, existem diferenças substanciais na forma como estruturam os requisitos. A ASME B31.3 introduz o conceito de *design by rules*, com fórmulas e coeficientes definidos para diversas condições operacionais. Em determinadas situações, permite ainda a adoção de métodos de análise avançada, caso sejam necessárias avaliações complementares para fenómenos como fadiga térmica ou vibrações [9]. Já a EN 13480 privilegia a normalização de processos, dando ênfase à rastreabilidade de materiais, à qualificação de procedimentos de soldadura e soldadores e à aplicação rigorosa de inspeções e NDTs. Além disso, a EN 13480 detalha de forma sistemática a documentação a compilar em cada fase do fabrico, reforçando a padronização e a transparência na gestão de projetos.

No plano prático, a escolha entre ASME B31.3 e EN 13480 depende, em larga medida, de requisitos legais ou contratuais e da localização geográfica do empreendimento, pois cada código está normalmente vinculado a padrões e legislações específicas. Em projetos internacionais, é comum a adoção de aspetos de ambas as normas, visando conciliar uma base técnica segura com exigências adicionais de qualidade, rastreabilidade e documentação.

- EN ISO 3834 - Requisitos de Qualidade para Soldadura por Fusão:

A ISO 3834 é uma norma internacional que estabelece requisitos de qualidade para a soldadura por fusão de materiais metálicos, assumindo um papel fundamental na garantia de processos de fabrico seguros e fiáveis em setores como o metalomecânico, petroquímico ou de construção naval. Entre as suas diferentes partes, destacam-se a Parte 1 (Critérios para a seleção do nível apropriado de requisitos de qualidade) e a Parte 2 (Requisitos de qualidade alargados), que fornecem orientações detalhadas sobre a organização e o controlo sistemático das operações de soldadura.

Na ISO 3834-1, são apresentados os critérios gerais que ajudam as empresas a determinar o nível de qualidade adequado às suas necessidades específicas,

considerando a complexidade dos produtos, o tipo de serviço a que as juntas soldadas estarão sujeitas e os riscos de falha associados [11]. Esta parte sublinha a importância de analisar fatores como a criticidade das aplicações, as propriedades exigidas aos materiais e os processos de fabrico disponíveis. A seleção do nível apropriado de requisitos evita, simultaneamente, a subaplicação de normas e a imposição de exigências excessivas que possam encarecer injustificadamente os produtos finais.

Já a ISO 3834-2 estabelece os requisitos de qualidade mais rigorosos, contemplando um conjunto de procedimentos e responsabilidades que asseguram a existência de pessoal qualificado, de documentação de processos de soldadura e de métodos de controlo e inspeção em todas as fases de produção [12]. Este nível alargado de requisitos inclui a necessidade de evidenciar a qualificação de soldadores e operadores, a aplicação de Especificações de Procedimentos de Soldadura (EPS, conhecida pela sua denominação em inglês WPS, *Welding Procedure Specification* e o registo de todos os NDTs e PWHT. Além disso, reforça a rastreabilidade dos consumíveis e dos materiais utilizados, bem como a verificação sistemática dos parâmetros de soldadura, mitigando falhas e promovendo resultados consistentes e conformes aos padrões de segurança e desempenho exigidos.

- ISO 15489-1:2016 - *Information and Documentation – Records Management*:

Esta norma fornece princípios e requisitos para a gestão de documentos e registos ao longo do ciclo de vida de um projeto. É fundamental para a estruturação de um sistema de gestão documental que garanta o acesso e integridade dos documentos técnicos [13].

2.2 Melhores Práticas

No âmbito da revisão documental e processual em projetos industriais, as melhores práticas descritas na literatura especializam-se na implementação de métodos e procedimentos que garantam a coerência, a rastreabilidade e a conformidade das informações ao longo de todo o ciclo de vida do projeto [1, 2]. Uma vez que a quantidade de documentos pode ser muito elevada e envolver múltiplas disciplinas e/ou intervenientes (desde Engenharia Civil, Eletrónica & Instrumentação - E&I, engenheiros, projetistas e técnicos de qualidade, até sub-contratados e clientes), torna-se essencial adotar um sistema de gestão de informação que assegure a manutenção de registos atualizados, permitindo o acesso rápido e seguro aos dados [3, 4].

O uso de ferramentas como o SharePoint revelam-se fundamentais para a gestão e atualização de documentos, permitindo uma maior agilidade na comunicação entre as várias equipas envolvidas e evitando erros associados a versões desatualizadas de documentos ou perda de informação.

2.3 Ferramentas

As ferramentas tecnológicas desempenham um papel cada vez mais importante na gestão eficaz de projetos industriais, especialmente no que diz respeito ao controlo documental e à coordenação de equipas. Ferramentas como o *Microsoft SharePoint*, *Microsoft Planner*, *iDeals* e *ThinkProject* são essenciais para garantir que toda a documentação é corretamente gerida, atualizada e acessível a todas as partes interessadas. Este subcapítulo explora as funcionalidades de cada uma dessas ferramentas, evidenciando o seu impacto na eficiência dos processos.

2.3.1 Microsoft SharePoint

O Microsoft SharePoint é uma plataforma de colaboração e gestão de conteúdos empresariais, desenvolvida pela Microsoft, que visa facilitar o armazenamento, a partilha e a organização de informação em ambiente corporativo. A sua flexibilidade permite a criação de sites de equipa, portais internos, bibliotecas documentais e sistemas de gestão de documentos, apresentando-se como uma solução amplamente adotada em setores industriais que exigem rigorosa eficiência e conformidade na administração de dados [14].

No âmbito dos processos de controlo documental, o SharePoint disponibiliza um repositório centralizado para diferentes tipos de ficheiros, tornando mais simples a gestão de acessos, a aplicação de permissões de visualização e edição, e a salvaguarda de dados sensíveis. Na Figura 2.1 ilustra-se, por exemplo, o funcionamento do sistema de credenciais de acesso, onde apenas utilizadores autorizados podem consultar ou modificar conteúdos específicos. A integração com o *Active Directory* promove ainda uma gestão centralizada de utilizadores e grupos, alinhada com as políticas de segurança da organização.

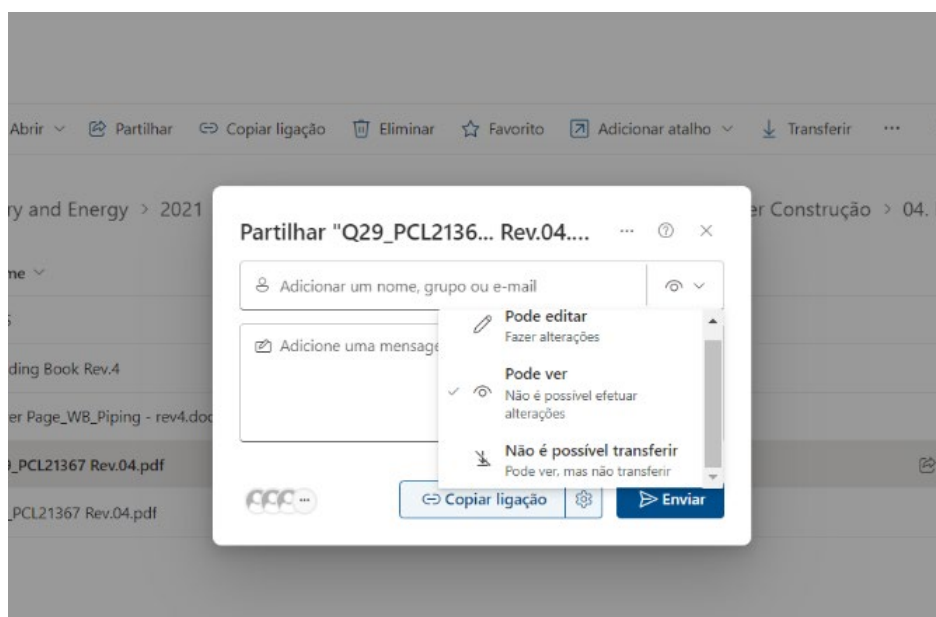


Figura 2.1 – Gestão de acessos e tipo de credenciais (SharePoint).

Entre as funcionalidades de maior relevância para a área da engenharia, destaca-se o controlo de versões, que permite manter um histórico completo das alterações realizadas aos documentos. Esse histórico, representado na Figura 2.2, facilita a restauração de versões anteriores e a compreensão da evolução de cada ficheiro ao longo do tempo, mitigando riscos decorrentes do uso de documentação desatualizada [15]. A coautoria em tempo real, por sua vez, possibilita que várias equipas multidisciplinares trabalhem simultaneamente num mesmo documento, assegurando atualizações contínuas e instantâneas que melhoram a eficiência da colaboração.

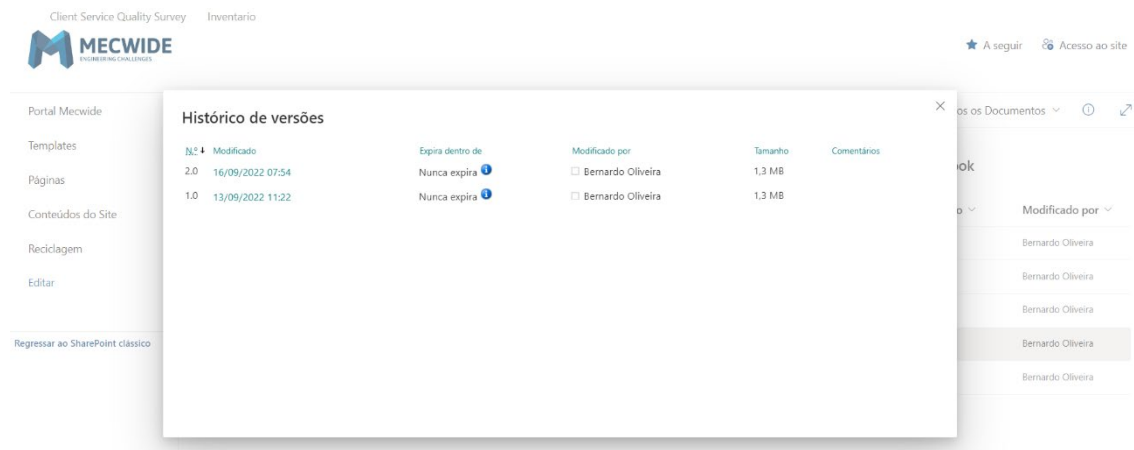


Figura 2.2 - Histórico de versões e backups (SharePoint).

Outra vertente fundamental consiste nos fluxos de trabalho (*workflows*), concebidos para automatizar processos de aprovação, revisão ou recolha de *feedback*. Essa capacidade de personalização torna-se particularmente valiosa em ambientes industriais, onde os procedimentos de qualidade e segurança se articulam com requisitos contratuais e normativos [16]. Em paralelo, o SharePoint integra-se com aplicações do Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, entre outras) e com serviços como o Microsoft Teams, o que fomenta uma comunicação fluida entre diferentes departamentos e permite a pesquisa avançada de documentos através de filtros e palavras-chave (Figura 2.3) [14]. A possibilidade de definir políticas de retenção e gerar relatórios de auditoria assegura ainda a rastreabilidade dos procedimentos, fator essencial para demonstração de conformidade junto de entidades inspetoras ou em processos de certificação.

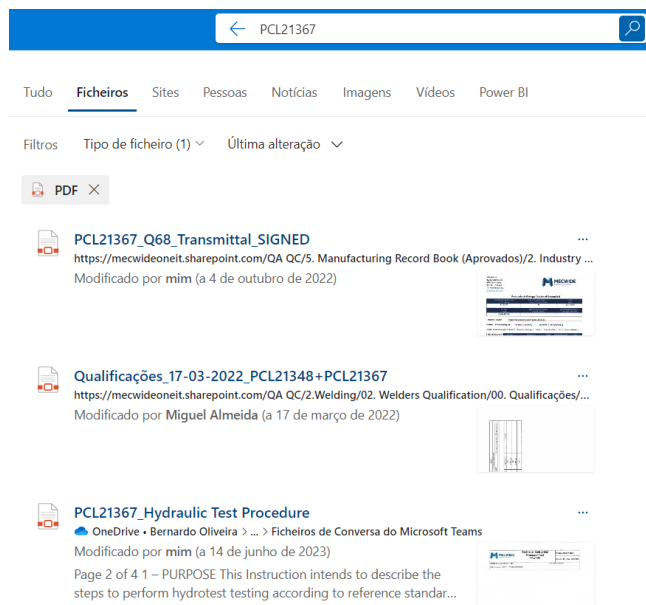


Figura 2.3 – Pesquisa avançada através de múltiplos filtros (SharePoint).

A plataforma possibilita também a criação de sites de equipa e portais internos, personalizáveis por meio de *web parts* e modelos, de modo a adequar a disposição de páginas e conteúdos às necessidades específicas de um projeto ou departamento (Figura 2.4). Tais espaços são úteis para concentrar documentos, calendários, tarefas ou discussões, favorecendo a integração e a comunicação entre equipas.

Portal Mecwide

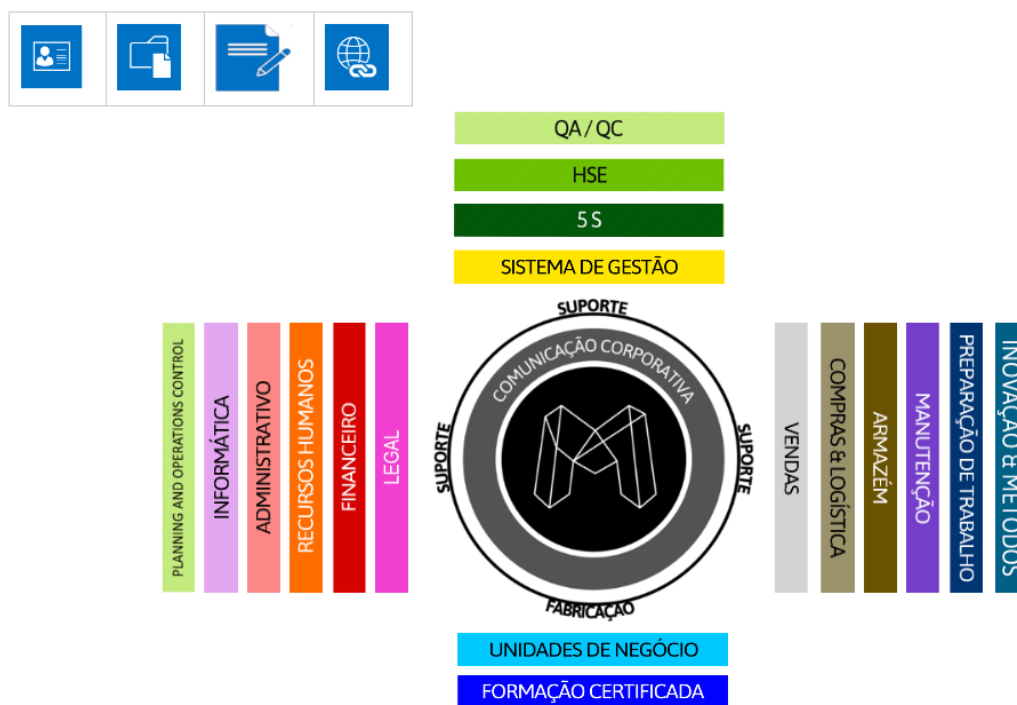


Figura 2.4 – Criação de sites personalizados para organizações, departamento, equipas (SharePoint).

A adoção do Microsoft SharePoint como ferramenta de suporte à gestão documental tem sido amplamente recomendada na literatura especializada, sobretudo em contextos onde a complexidade dos projetos e a necessidade de segurança e rastreabilidade de informação são preponderantes. A centralização dos documentos técnicos (por exemplo, desenhos, especificações e registos de qualidade) num único repositório garante a disponibilidade constante de informação atualizada para todos os intervenientes. Em paralelo, a funcionalidade de coautoria em tempo real e o controlo de versões asseguram a colaboração multidisciplinar, facilitando a coordenação de equipas e a rápida atualização de conteúdos. A existência de níveis de permissão, por sua vez, protege os documentos confidenciais e otimiza o acesso, permitindo que apenas os utilizadores autorizados realizem ações como edição ou visualização.

A literatura também destaca a relevância dos fluxos de aprovação (*workflows*) como elemento de suporte à transparência e eficiência no processo de revisão, possibilitando a deteção antecipada de inconformidades e favorecendo tomadas de decisão mais ágeis. Em projetos industriais, esta convergência de funcionalidades revela-se fundamental para as atividades de garantia e controlo de qualidade, reforçando a melhoria contínua nos processos produtivos e promovendo a rastreabilidade ao longo de todo o ciclo de vida do projeto [14 - 16].

A Figura 2.5 ilustra um exemplo de organização de uma pasta de projeto em SharePoint, evidenciando como a disposição estruturada dos conteúdos potencia a gestão documental em ambientes de elevada exigência técnica.

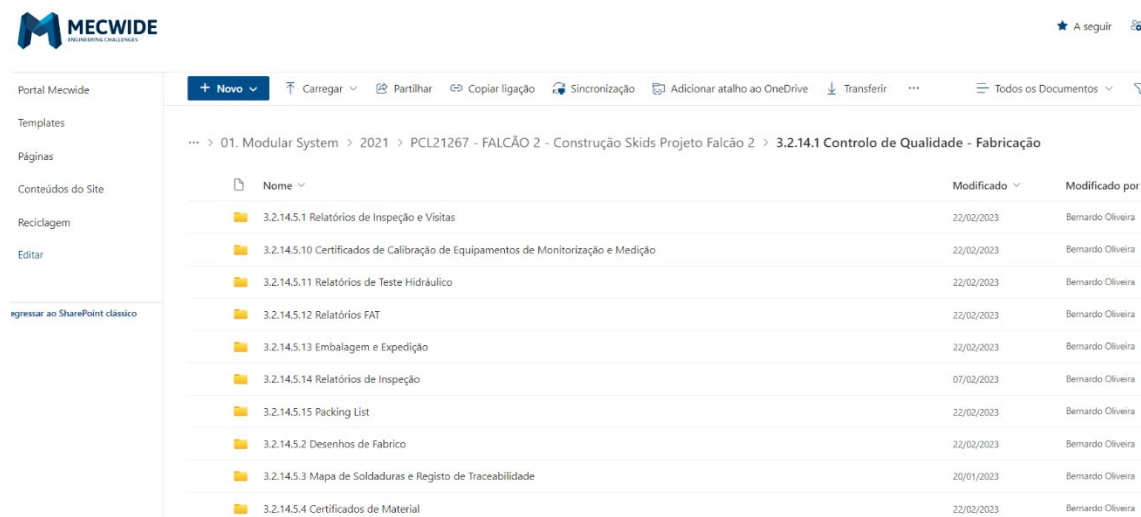


Figura 2.5 - Estrutura de Organização de uma pasta de projeto (SharePoint).

2.3.2 *Microsoft Planner*

O *Microsoft Planner* constitui uma ferramenta de planeamento de projetos e gestão de tarefas integrada no ecossistema Microsoft 365, desenvolvida com o intuito de apoiar equipas na organização do trabalho, na atribuição de responsabilidades e no acompanhamento do progresso de forma simultaneamente simples e intuitiva [17]. A sua lógica de funcionamento baseia-se na criação de quadros e colunas que segmentam cada projeto em fases ou categorias, permitindo aos utilizadores dispor de uma visão abrangente das atividades pendentes, em curso e concluídas [18]. Este modelo de apresentação confere às equipas uma perceção imediata do estado global dos trabalhos, facilitando a identificação atempada de atrasos ou constrangimentos que possam surgir.

Uma das principais funcionalidades do *Planner* reside na gestão de tarefas, possibilitando a criação de tarefas individuais, que podem ser atribuídas a membros específicos da equipa com datas de início e conclusão bem definidas. A cada tarefa podem ser associadas descrições pormenorizadas, listas de verificação, anexos e comentários, o que fomenta a partilha de informações complementares entre os vários intervenientes. A definição de prioridades e a indicação do estado de cada tarefa — não iniciada, em progresso ou concluída — oferecem, em conjunto, uma perceção clara e em tempo real do avanço do projeto, permitindo ao gestor detetar divergências face ao plano inicial e desencadear, de modo célere, as ações corretivas que se revelem necessárias [19].

No que respeita à colaboração e comunicação, o *Planner* integra-se com serviços como o Microsoft Teams e o Outlook, enviando notificações automáticas acerca de novas atribuições, alterações nas tarefas ou prazos iminentes. Esta funcionalidade reforça a coordenação entre os elementos das equipas e diminui a probabilidade de falhas comunicacionais ou sobreposição de esforços. Em paralelo, a visualização de calendários e de relatórios de progresso em formato gráfico contribui para a análise global da prossecução das atividades, consolidando uma tomada de decisão mais fundamentada [17]. A Figura 2.6 retrata o ambiente de trabalho proporcionado pela plataforma, exibindo a organização das tarefas e o respetivo estado de cada uma.

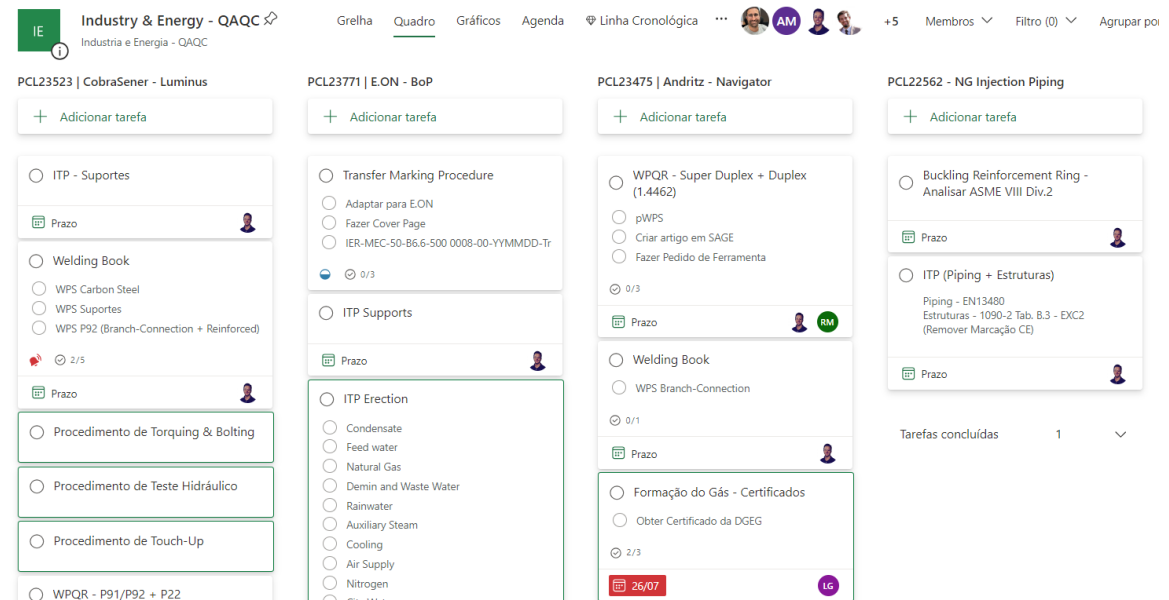


Figura 2.6 - Ambiente de trabalho com tarefas organizadas por projeto (Planner).

O Microsoft Planner é frequentemente referido na literatura como uma ferramenta versátil para organizar e monitorizar atividades, oferecendo uma visão transparente do progresso de cada tarefa ao longo do ciclo de vida do projeto [18, 19]. A possibilidade de definir responsabilidades, prazos e níveis de prioridade para cada tarefa confere maior clareza às obrigações de cada membro da equipa, enquanto a atualização em tempo real do estado das atividades permite detetar e corrigir eventuais desvios face ao planeamento inicial de forma ágil. Além disso, a inclusão de comentários e de anexos diretamente em cada tarefa centraliza a informação num único local, reduzindo a dispersão de dados em múltiplos suportes ou plataformas.

Quando integrado com outras soluções do ecossistema Microsoft, como o SharePoint ou o Teams, o Planner atua como um complemento na gestão documental e na coordenação de equipas, reforçando a eficiência dos processos de controlo da qualidade e o acompanhamento das etapas de fabrico ou de montagem. A partilha imediata de atualizações e o registo permanente das alterações efetuadas valorizam a comunicação entre os diversos intervenientes, otimizando assim o fluxo de trabalho em projetos industriais exigentes. Em particular, a capacidade de visualizar a sobrecarga de cada elemento da equipa e a evolução das tarefas num único painel de controlo mostra-se crucial para uma gestão eficaz dos recursos disponíveis e para garantir que os objetivos estabelecidos são atingidos dentro dos prazos previstos.

2.3.4 Softwares de Revisão e Controlo Documental

A gestão eficiente de documentos em projetos industriais complexos exige ferramentas de revisão e controlo documental que vão além das funcionalidades básicas de armazenamento e partilha de ficheiros. Neste contexto, plataformas como o iDeals e o ThinkProject surgem frequentemente na literatura como soluções capazes de otimizar processos de revisão e assegurar a integridade da informação. Para além das suas capacidades de armazenamento, estes sistemas disponibilizam funcionalidades avançadas de gestão de versões, viabilizando um registo detalhado de todas as alterações realizadas e permitindo a aplicação de controlos de acesso diferenciados de acordo com o perfil do utilizador. Ao adotar mecanismos de auditoria e de geração de relatórios, tais plataformas possibilitam a demonstração inequívoca do cumprimento de requisitos legais e contratuais.

A vertente colaborativa, suportada por funcionalidades de notificação e de fluxos de trabalho integrados, promove a partilha de informação em tempo real e fomenta a comunicação eficiente entre as várias equipas e partes interessadas no projeto. Combinada com critérios rigorosos de rastreabilidade, a adoção de ferramentas especializadas apresenta vantagens significativas, nomeadamente no que respeita à transparência e à mitigação de erros de coordenação. A literatura sobre grandes empreendimentos industriais refere, de forma recorrente, que a utilização de soluções como iDeals reforça a robustez dos processos de controlo documental, assegura a acessibilidade e a rastreabilidade dos ficheiros críticos e contribui para a minimização de riscos associados a falhas de comunicação ou à existência de versões desatualizadas de documentos.

A robustez e segurança oferecidas por softwares como o iDeals revelam-se particularmente valiosas para a coordenação de documentos críticos, evitando duplicações e garantindo que todas as equipas e departamentos trabalham sempre com a versão mais atualizada dos ficheiros. Tal abordagem contribui para a minimização de erros e a melhoria dos processos de decisão.

2.3.4.1 iDeals

O iDeals constitui uma plataforma de gestão documental avançada, frequentemente adotada para a criação de salas de dados virtuais (*Virtual Data Rooms – VDR*). O seu principal objetivo consiste em permitir a partilha segura de documentação confidencial, viabilizando processos como *due diligence*, fusões e aquisições, bem como projetos de engenharia que exijam elevados padrões de sigilo e rigor no controlo da informação [20]. Um dos elementos diferenciadores do iDeals consiste na forte componente de segurança que integra, a qual combina encriptação aplicada desde a origem até ao destino e um controlo meticuloso de permissões.

Este último aspeto permite definir, com grande precisão, as ações que cada utilizador ou grupo pode realizar em cada ficheiro, incluindo a mera visualização, a edição, a impressão ou a transferência, garantindo assim que o acesso aos dados permanece estritamente limitado a quem detenha as autorizações necessárias. A marcação de água dinâmica, representada na Figura 2.8, reforça a prevenção de fugas de informação, ao associar dados como o nome do utilizador, data e hora de acesso a cada documento visualizado ou impresso.



Figura 2.8 – Proteção de documentos com Marca de água (*iDeals*).

No que respeita à gestão documental, o *iDeals* permite a organização estruturada através de hierarquias de pastas, bem como a indexação e pesquisa avançada de ficheiros [21]. Este sistema integra também um controlo de versões, possibilitando aos utilizadores comparar versões distintas de um mesmo documento e restaurar versões anteriores, prevenindo o uso acidental de informação desatualizada. A Figura 2.9 ilustra o *layout* da plataforma e a forma como a documentação pode ser organizada por projetos, tipologias de ficheiros ou outras categorias relevantes.

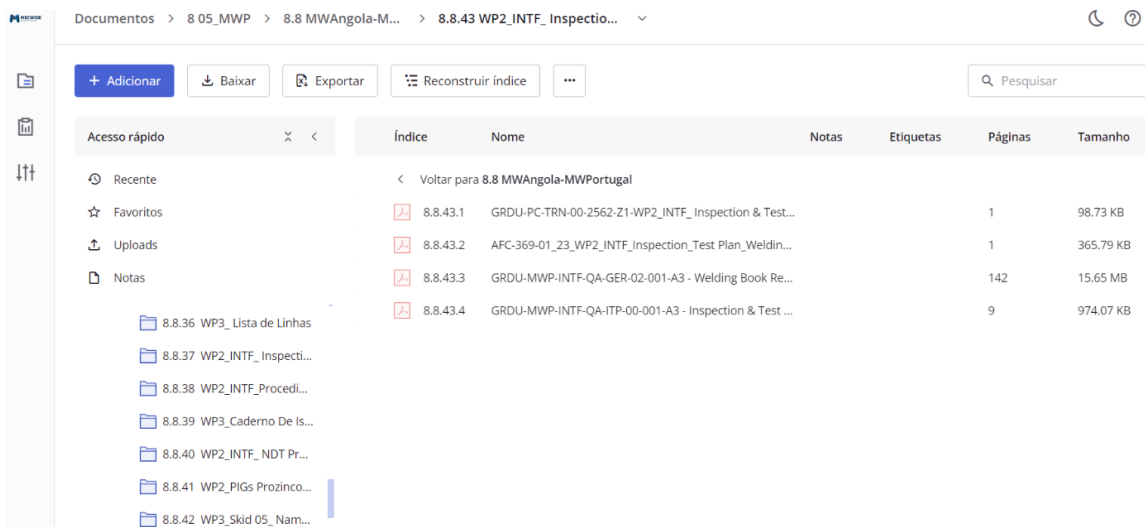


Figura 2.9 - Ambiente de trabalho e estrutura (iDeals).

Para além das funcionalidades de partilha de documentos, destaca-se a vertente de colaboração segura, que inclui um módulo de Perguntas e Respostas (Q&A) e um sistema de alertas e notificações, assegurando que os intervenientes estão sempre informados sobre comentários, atualizações e tarefas pendentes. A plataforma mantém ainda um registo de atividades exaustivo, documentando ações como visualizações, edições ou descarregamentos de ficheiros, sendo possível gerar relatórios personalizados para apoiar auditorias e tomadas de decisão. Na Figura 2.10, observa-se como o *iDeals* apresenta, em detalhe, o histórico de atividades de cada utilizador e documento, reforçando a rastreabilidade.

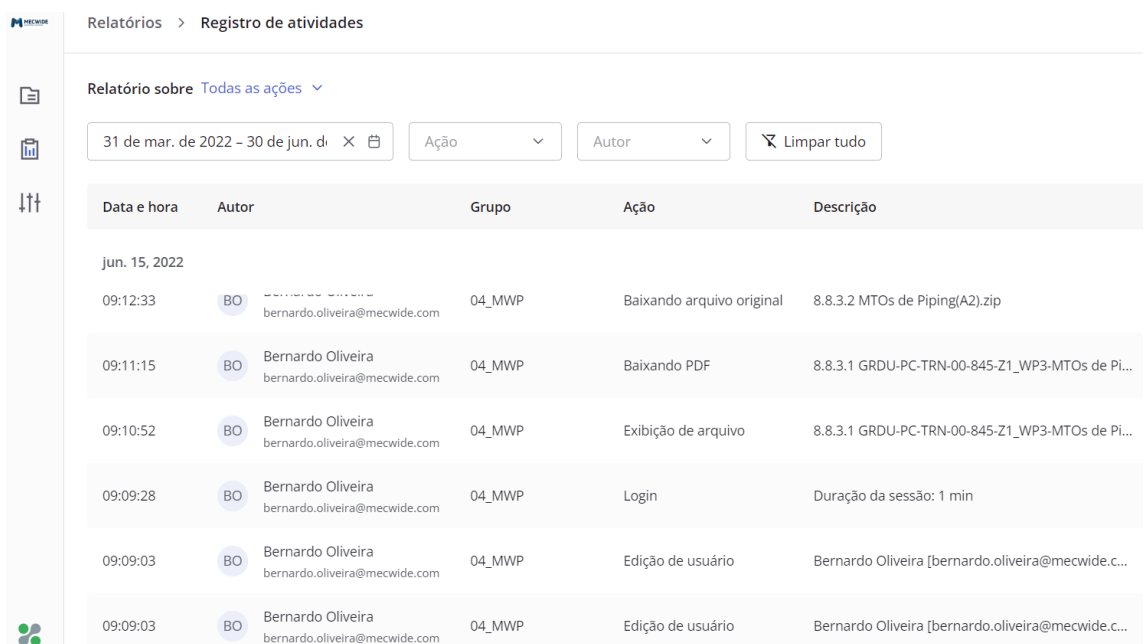


Figura 2.10 - Registo e histórico de atividades (iDeals).

O cumprimento de regulamentações e certificações internacionais, como a ISO 27001, a SOC 2 e a GDPR, aumenta significativamente a confiança de empresas que lidam com informação sensível ou sujeita a elevados padrões de conformidade. A ISO 27001 define um conjunto de requisitos para a implementação e melhoria contínua de um Sistema de Gestão de Segurança da Informação, assegurando a proteção de ativos contra ameaças internas ou externas. A SOC 2, elaborada pelo *American Institute of Certified Public Accountants* (AICPA), avalia a conformidade das organizações com os cinco princípios de confiança (segurança, disponibilidade, integridade de processamento, confidencialidade e privacidade), demonstrando a robustez dos controlos de segurança. Já a GDPR (*General Data Protection Regulation*) estabelece regras estritas para o tratamento de dados pessoais de cidadãos da União Europeia, impondo às entidades que processam informação a adoção de medidas técnicas e organizacionais que garantam privacidade e proteção dos titulares de dados. Quando uma plataforma como o iDeals adota estes referenciais, reforça a sua fiabilidade em cenários críticos e permite que os clientes atuem com maior segurança, conscientes de que as suas informações se encontram protegidas de acordo com as melhores práticas internacionais [20].

3 Empresa onde decorreu o Estágio – Mecwide S.A.

A Mecwide S.A. é uma sociedade anónima sediada em Vila Seca, no município de Barcelos, distrito de Viana do Castelo, fundada em 2009. Trata-se de uma empresa de referência na prestação de serviços altamente qualificados no setor da indústria metalomecânica, com competências reconhecidas em engenharia, construção e manutenção, operando em vários mercados internacionais, nomeadamente Portugal, Bélgica, Dinamarca, Angola e Moçambique.

A abrangência geográfica da empresa é ilustrada na Figura 3.1, onde se destaca a azul-escuro os países onde a Mecwide desenvolve ou desenvolveu projetos e a azul ciano países onde possui infraestruturas como escritórios ou unidades fabris. Já na Figura 3.2, são evidenciadas as principais certificações organizacionais que suportam a credibilidade e a conformidade dos seus processos.

Do ponto de vista comercial, a Mecwide encontra-se dividida em seis unidades de negócio, que asseguram uma abordagem especializada aos diferentes segmentos de mercado:

1. *Oil & Gas*
2. *Sistemas Modulares*
3. *Indústria & Energia*
4. *Minas & Cimentos*
5. *Assistência Técnica*
6. *Data Centers*

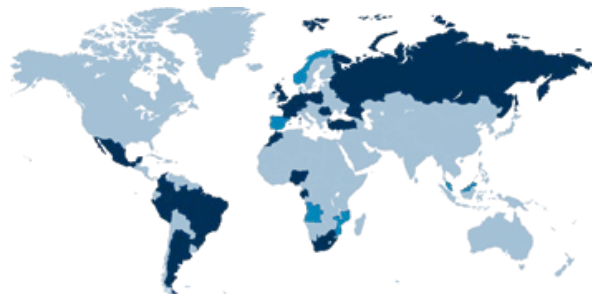


Figura 3.1 - Mapa de presença do grupo Mecwide.



Figura 3.2 - Certificações organizacionais (Mecwide S.A.).

A Mecwide tem como missão criar valor para todos os seus intervenientes, antecipar necessidades e implementar soluções de sucesso. Pretende garantir a plena satisfação de clientes exigentes, reforçar a competitividade num contexto internacional e demonstrar excelência em todos os produtos e serviços que oferece. Quanto à visão, a empresa procura consolidar a sua qualidade global de serviços e ser reconhecida como uma referência no setor, apostando na inovação contínua dos negócios através de equipas altamente qualificadas e motivadas para a excelência. Nesta linha, a empresa ambiciona manter-se líder no seu mercado, fornecendo serviços de elevada qualidade que correspondam às necessidades e expectativas dos clientes.

No que respeita aos valores, estes constituem um traço transversal às diferentes áreas de negócio e orientam a cultura corporativa:

- **Determinação:** O empenho em ir mais longe e em fornecer produtos e serviços excecionais, adaptados às necessidades dos clientes.
- **Compromisso:** A adoção de uma conduta responsável e sustentável, promovendo o bem-estar das pessoas, o respeito pelo ambiente e pela sociedade, e assegurando um impacto positivo para todos os *stakeholders*.
- **Paixão:** A confiança e o respeito mútuo entre colaboradores, fomentando um ambiente de trabalho colaborativo, motivador e inspirador.
- **Ambição:** A perceção de cada dia como uma nova oportunidade de crescimento e superação de desafios, reforçando a vontade de se destacar no mercado.
- **Excelência:** A busca contínua por evolução e descoberta, alicerçada no compromisso em ser uma referência mundial no setor, assegurando padrões elevados de qualidade e de inovação.

A Figura 3.3 evidencia o lema interno da Mecwide, “Trabalhar Duro, Divertir-se, Sem Dramas”, que reforça a cultura da empresa no sentido de aliar um trabalho exigente a um ambiente saudável e colaborativo.



Figura 3.3 - Lema Mecwide (Trabalhar Duro, Divertir-se, Sem Dramas).

3.1 Estrutura Organizacional

A estrutura organizacional da Mecwide reflete a sua dimensão internacional e a diversidade de serviços que oferece. A empresa está organizada em várias unidades de negócio, cada uma composta por equipas técnicas altamente especializadas, capacitando-a para responder às exigências dos mercados em que atua. A cada unidade de negócio estão associados departamentos de suporte como o departamento *Supply Chain*, Gabinete Técnico e de Qualidade, cuja principal responsabilidade é assegurar que todas as etapas produtivas—desde o fabrico à montagem—cumprem os requisitos normativos e os padrões internos de qualidade.

A Figura 3.4 apresenta o organigrama da Mecwide, evidenciando a distribuição das diferentes unidades de negócio e departamentos de suporte como os Recursos Humanos, Financeiro, Gabinete Técnico e Qualidade. Esta configuração organizacional permite uma coordenação eficaz entre as várias áreas funcionais, garantindo a implementação de estratégias coerentes com os objetivos corporativos e contribuindo para o fortalecimento da posição competitiva da empresa.

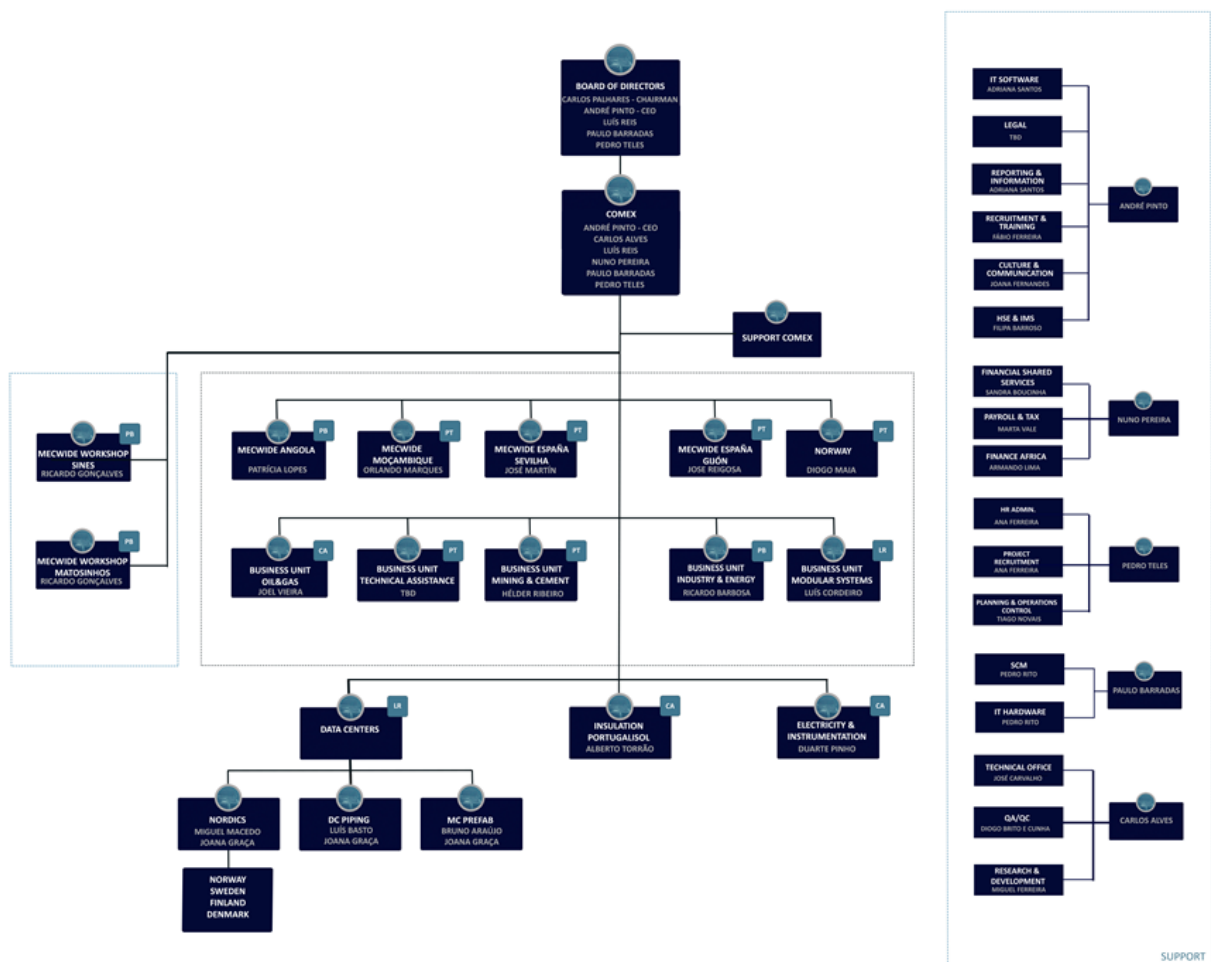


Figura 3.4 Organigrama organizacional (Mecwide S.A.).

3.2 Departamento da Qualidade

O Departamento da Qualidade da Mecwide assume um papel fulcral na garantia de que todas as operações desenvolvidas pela empresa cumprem rigorosamente as normas internacionais aplicáveis, bem como requisitos específicos estabelecidos em contrato e outros regulamentos setoriais relevantes, como é o caso da PED (*Pressure Equipment Directive*) 2014/68/EU para equipamentos sob pressão. Este departamento é responsável por coordenar todo o processo de Garantia e Controlo da Qualidade (*Quality Assurance* e *Quality Control*, respetivamente), abrangendo a elaboração de planos de inspeção e ensaios (ITPs), a redação de procedimentos de execução, especificações técnicas e instruções de trabalho, e ainda a formação interna dos colaboradores. A gestão dos subcontratados e a supervisão das atividades ligadas à qualidade em todas as fases de execução dos projetos constituem, igualmente, atribuições centrais.

De acordo com o organigrama ilustrado na Figura 3.5, o Departamento da Qualidade apresenta no topo o QAQC Manager, que responde diretamente à COMEX (Comissão Executiva da Mecwide) e assume a coordenação global desta área, garantindo o bom funcionamento do sistema de gestão da qualidade. Em paralelo, encontra-se o *Welding Coordinator* cuja responsabilidade—conforme estabelecido pela ISO 3834-2—passa por dar apoio e supervisionar todos os aspectos ligados à soldadura, desde a qualificação de procedimentos até à conformidade das operações [12]. Abaixo desta estrutura, dispõem-se as diversas unidades de negócio (Indústria & Energia, *Oil & Gas*, entre outras) e as Unidades de Fabrico (Sines e Matosinhos), cada uma liderada por um QAQC Coordinator. Estes gerem as equipas de Técnicos de Qualidade afetos aos demais projetos a decorrer nas suas unidades de negócio, apoiam a orçamentação, analisam requisitos contratuais, emitem procedimentos de trabalho e qualificam WPQRs (*Welding Procedure Qualification Records*), além de supervisionarem a execução dos projetos de modo a reduzir não conformidades (Nonconformance Report - NCRs) e melhorar continuamente os resultados. Este modelo organizacional possibilita uma resposta diferenciada às especificidades de cada área, assegurando a harmonia entre a garantia de qualidade e a eficiência operacional.

QUALITY

Funções:

QAQC M – QAQC Manager
WC – Welding Coordinator
QAQCC – Quality Assurance Quality Control Coordinator
QA/T – Quality Assurance Technicians
QCT – Quality Control Technicians

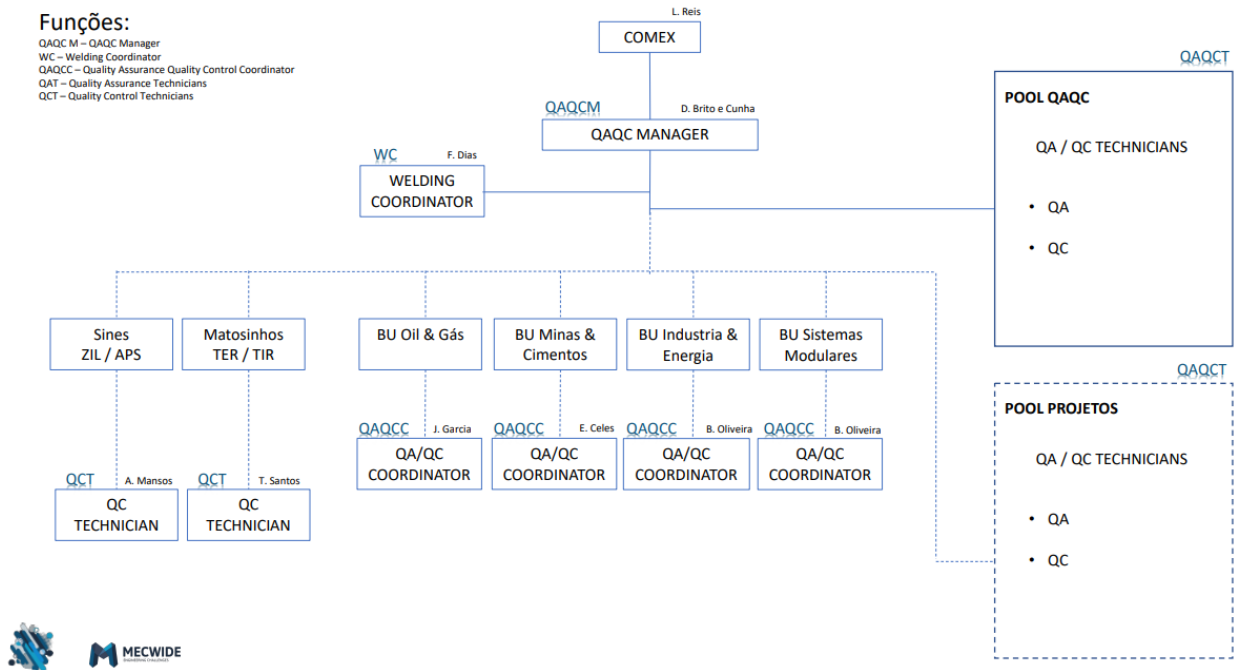


Figura 3.5 - Organograma do departamento de qualidade (Mecwide S.A.).

3.3 Descrição do Estágio

O estágio de natureza profissional foi realizado na Mecwide S.A., uma empresa de referência no setor da engenharia metalomecânica, com especialização em serviços de fabrico, construção e manutenção industrial. Ao longo deste período, o principal objetivo consistiu em aplicar e consolidar os conhecimentos adquiridos no Mestrado em Engenharia Mecânica, através de uma participação ativa na análise e elaboração de documentação técnica associada a diversos projetos de grande escala. Nesse sentido, o foco recaiu na revisão documental e processual, abrangendo a fabricação metalomecânica, o controlo e garantia de qualidade (QA/QC) e a marcação CE (*Conformité Européenne* – Conformidade Europeia), entre outros aspetos essenciais. Esta experiência constituiu, assim, um contexto ideal para desenvolver competências na gestão de qualidade e na avaliação técnica de projetos industriais, aspetos críticos para a execução bem-sucedida de obras de engenharia de grande porte.

Paralelamente, foi possível participar ativa e autonomamente na elaboração de documentos de controlo de qualidade e no acompanhamento da conformidade dos processos de soldadura e montagem, alinhando as práticas diárias com as orientações normativas e contratuais aplicáveis. Esta vivência proporcionou uma visão alargada dos desafios inerentes ao controlo de qualidade em projetos industriais, evidenciando, em particular, a necessidade de manter uma comunicação eficaz entre equipas multidisciplinares e de garantir a rastreabilidade em cada etapa do processo fabril.

3.3.1 Atividades Realizadas

Durante o estágio, foi possível desempenhar um conjunto diversificado de funções, abrangendo tarefas de análise documental, elaboração de planos de inspeção e ensaios (conhecidos como ITPs – *Inspection and Test Plans*), acompanhamento de subcontratados e gestão de processos técnicos em projetos industriais de grande envergadura. Esta variedade de atividades incluiu a revisão dos cadernos de encargos, a verificação dos requisitos técnicos de materiais e desenhos, a conceção de ITPs e a coordenação das equipas e subcontratados envolvidos nos processos de fabrico e montagem. A seguir, descrevem-se em detalhe as principais ações desenvolvidas, bem como as dificuldades encontradas e as soluções adotadas em cada caso.

1. Revisão de Cadernos de Encargos

Tarefa: A primeira etapa do estágio contemplou a análise dos cadernos de encargos dos projetos adjudicados, incluindo requisitos de desempenho, enquadramentos legislativos e normativos indispensáveis à execução dos serviços.

Dificuldades: Confrontou-se, em alguns casos, a existência de especificações vagas ou incompletas, dificultando a identificação exata dos requisitos técnicos.

Soluções: Optou-se por uma comunicação proativa com os clientes, de modo a obter esclarecimentos adicionais e assegurar que todas as exigências eram compreendidas antes do arranque da execução.

2. Revisão dos Requisitos Técnicos

Tarefa: Implicou a análise aprofundada de *data sheets*, desenhos técnicos, *Material Take-Offs* (MTOs) e *Bill of Materials* (BOMs), bem como a verificação das condições de funcionamento e das influências ambientais a que os sistemas de tubagem seriam sujeitos.

Dificuldades: Foram detetadas discrepâncias em alguns documentos fornecidos pelos clientes, sobretudo no que respeita às listas de materiais e desenhos técnicos.

Soluções: A resolução envolveu uma colaboração mais estreita entre o departamento de engenharia da Mecwide e o dos clientes, procedendo-se à revisão dos documentos e ao ajustamento das especificações técnicas antes do início da fase de execução.

3. Criação de Planos de Inspeção e Ensaios (ITPs)

Tarefa: Consistiu no desenvolvimento de ITPs que definiam os critérios de inspeção, os NDTs a aplicar e os pontos de aceitação a observar em cada etapa do projeto.

Dificuldades: A necessidade de interpretar e adaptar normas internacionais às especificidades de cada projeto mostrou-se desafiante, em particular na definição de tipos de ensaio e pontos de inspeção.

Soluções: Em conjunto com a equipa de Qualidade da Mecwide, elaboraram-se ITPs ajustados, salvaguardando tanto a conformidade normativa como as necessidades específicas dos clientes.

4. Elaboração de Planos de Soldadura (*Welding Book*)

Tarefa: Envolveu a criação e revisão dos Planos e Cadernos de Soldadura, incluindo a elaboração ou a atualização de WPSs e a validação das certificações dos soldadores envolvidos.

Dificuldades: Tornou-se essencial garantir que os procedimentos de soldadura disponíveis contemplavam todas as tipologias de materiais e juntas previstas nos projetos.

Soluções: Para colmatar eventuais lacunas, produziram-se novos *Welding Procedure Qualification Records* (WPQRs) e qualificaram-se soldadores capazes de responder aos requisitos estabelecidos.

5. Acompanhamento de Subcontratados

Tarefa: Incluiu a auditoria e o acompanhamento de subcontratados envolvidos na montagem de tubagens e estruturas metálicas, assegurando o cumprimento dos requisitos de qualidade e de segurança.

Dificuldades: Surgiram alguns problemas de comunicação entre a Mecwide e determinados subcontratados, o que gerou atrasos em inspeções e ensaios.

Soluções: Recorreram-se a reuniões periódicas de coordenação e reforçou-se a comunicação direta entre gestores de projeto e subcontratados, assegurando a convergência com os prazos e as especificações de qualidade.

6. Gestão de Documentação e Rastreabilidade

Tarefa: Abrangeu a organização da documentação técnica e dos registos de rastreabilidade das atividades de soldadura, procurando garantir que a totalidade dos documentos de materiais, soldaduras e ensaios se encontrava devidamente arquivada.

Dificuldades: A manutenção contínua destes registos, em particular em projetos de grande dimensão com múltiplos subcontratados e fornecedores, revestiu-se de elevada complexidade.

Soluções: Implementou-se um sistema digital de gestão documental que permitiu atualizar e partilhar informações em tempo real, contribuindo significativamente para a eficiência e a fiabilidade da rastreabilidade.

3.3.2 Principais Projetos Realizados

1. Projeto PCL21367 – Vyncke NV

O projeto envolveu a instalação de uma segunda caldeira de cogeração na BioWanze, na Bélgica. As atividades centraram-se na gestão de soldaduras para tubagem, na elaboração de cadernos de soldadura e no acompanhamento de NDTs.

2. Projeto PCL22106 – BioWanze NV

Na sequência do projeto anterior, tratou-se da construção da tubagem de ligação entre a nova caldeira de cogeração referida acima e as instalações existentes da BioWanze. O trabalho incluiu revisão técnica, elaboração de documentação de projeto e supervisão durante as diversas fases de desenvolvimento, até à conclusão.

3. Projeto PCL21267 – Sonangol - Falcão 2

Este projeto, desenvolvido em Angola, envolveu a construção e montagem de tubagens para uma unidade de receção e distribuição de gás natural. A participação abrangeu a análise técnica, a elaboração de documentação de qualidade e o acompanhamento de pré-fabricos expedidos para a obra, garantindo a conformidade com os requisitos normativos aplicáveis.

No seu conjunto, as atividades do estágio ofereceram uma visão prática e integrada dos processos de revisão documental e processual em projetos industriais. A exigência de assegurar a qualidade e a conformidade num ambiente complexo reforçou a importância de uma comunicação eficaz, de ferramentas de gestão adequadas e de uma cultura de melhoria contínua. Dessa forma, a aprendizagem obtida constituiu um passo decisivo no desenvolvimento de competências técnicas e organizacionais, essenciais para o exercício profissional na área da Engenharia Mecânica.

3.4 Desempenho de Funções

Durante o estágio, foram assumidas diversas funções no Departamento de Qualidade da Mecwide, abrangendo atividades de revisão técnica, elaboração de documentação e gestão de processos de inspeção e controlo de qualidade em diferentes fases dos projetos. Convém referir que a Mecwide dispõe de duas unidades fabris em Portugal, localizadas em Matosinhos e em Sines. A fábrica de Matosinhos dedica-se, sobretudo, à produção de estruturas metálicas, uma vez que está equipada com quinadeiras, prensas e calandras, permitindo operações de conformação de chapa em larga escala. Já as instalações de Sines contam com um maior espaço de armazenamento, dotado de gruas para movimentação de materiais, além de três naves de produção e de equipas de soldadores com ampla experiência em tubagens industriais.

Tendo em vista estas características, optou-se pela utilização da unidade de Sines para a pré-fabricação da tubagem nos projetos de maior envergadura.

- Inspeção e Controlo de Qualidade nos Pré-Fabricos (Sines)

Nas instalações de Sines, o envolvimento direto na inspeção dos Pré-Fabricos garantiu que os componentes e as tubagens produzidos cumpriam os requisitos técnicos e normativos. As responsabilidades assumidas incluíram a verificação da conformidade dos processos de fabrico face aos ITPs, a realização de inspeções visuais e a monitorização dos NDTs, assegurando que as soldaduras e estruturas fabricadas se encontravam em conformidade os desenhos e os requisitos tanto do cliente como dos códigos de fabrico aplicáveis. Adicionalmente, procedeu-se à gestão dos subcontratados responsáveis pelos NDTs e PWHT, coordenando as atividades de produção, inspeção e expedição, agendando-as e garantindo o cumprimento dos prazos e da qualidade estabelecida em contrato.

- Inspeção e Controlo de Qualidade durante a Montagem

Dos 3 projetos em estudo foram acompanhadas as montagens do projeto Vyncke e Biowanze que decorreram na Bélgica, as funções de supervisão e inspeção abrangeram a garantia de conformidade dos processos com os requisitos técnicos e de qualidade estabelecidos para o projeto. Entre as atividades desenvolvidas, destacou-se a monitorização das soldaduras em campo, confirmando o cumprimento dos WPSs previamente definidos, bem como a coordenação dos subcontratados encarregados dos NDTs e dos PWHT. Esta supervisão visou assegurar a execução dos trabalhos dentro das normas técnicas aplicáveis e em consonância com o planeamento estipulado.

3.5 Formação Profissional

Durante o estágio, foi possível participar em diversas formações que compunham o plano de desenvolvimento de competências da Mecwide, que se revelaram cruciais para o desenvolvimento das minhas competências técnicas, em particular nas áreas de NDTs e tratamentos anticorrosivos.

3.5.1 Formação em Ensaios Não-Destrutivos (NDTs)

No âmbito dos Ensaios Não Destrutivos, existiram formações sobre Inspeção Visual (VT – *Visual Testing*) e Líquidos Penetrantes (PT – *Penetrant Testing*), alinhadas com a norma ISO 9712 (Níveis 1 e 2), que dita os requisitos para qualificação e certificação de técnicos de ensaios não-destrutivos [22]. Estas sessões foram ministradas por uma entidade certificada, conferindo competências para efetuar inspeções de qualidade em soldaduras e materiais, assegurando a sua conformidade com os critérios técnicos aplicáveis. A experiência adquirida mostrou-se particularmente relevante para o entendimento dos procedimentos e técnicas de ensaio permitindo ter uma análise crítica

quer dos resultados obtidos quer para a deteção precoce de descontinuidades ou defeitos, contribuindo para a melhoria dos processos e manutenção dos padrões de integridade estrutural nos projetos em curso.

3.5.2 Formação em Tratamentos Anticorrosivos

Além dos NDTs, participou-se numa formação centrada em tratamentos anticorrosivos, que abordou tópicos essenciais como:

- Tipos de tratamento de superfície;
- Definição de categoria de corrosividade;
- Requisitos para controlo de preparação de superfície antes da pintura;
- Controlo durante e após a aplicação do tratamento.

A ação formativa, orientada por um inspetor FROSIO de nível III, possibilitou a compreensão aprofundada das boas práticas na proteção contra a corrosão, reforçando a capacidade de verificar e documentar a qualidade dos acabamentos nos sistemas industriais. Este conhecimento mostrou-se indispensável para o controlo de qualidade final dos equipamentos e instalações, assegurando uma maior durabilidade das estruturas e uma resposta eficaz às exigências dos clientes.

4 Estrutura Geral de um Projeto de Tubagem

Nos projetos industriais, em particular na área da engenharia mecânica e metalomecânica, os sistemas de tubagem ou *piping* desempenham um papel fulcral na transferência segura e eficiente de fluidos entre diferentes componentes e processos. A conceção, fabrico e instalação destes sistemas seguem rigorosos protocolos de engenharia e padrões internacionais que garantem a sua qualidade, segurança e conformidade. Para assegurar o sucesso de um projeto de *piping*, este é tipicamente dividido em várias fases essenciais, cada uma delas suportada por documentação técnica específica. A seguir, descrevem-se as principais etapas e a documentação associada.

4.1 Fases de um projeto de tubagem

A execução de um projeto de tubagem em ambientes industriais de grande complexidade requer um planeamento meticuloso e a consecução de múltiplas fases, desde a cotação inicial até ao comissionamento. Cada uma dessas fases comporta atividades técnicas detalhadas, bem como processos de controlo de qualidade imprescindíveis à garantia de integridade dos equipamentos. Assim, torna-se vital a produção e gestão de documentação que ampare cada fase, permitindo uma rastreabilidade efetiva das ações executadas e a demonstração de conformidade com as normas internacionais aplicáveis.

A Figura 4.1 apresenta um fluxograma processual, ilustrando as principais fases envolvidas no desenvolvimento de um projeto de *piping*. Nessas etapas, destacam-se atividades como a análise de requisitos do cliente, a seleção de materiais apropriados, a elaboração de desenhos técnicos e procedimentos de soldadura, além de um conjunto alargado de ensaios e inspeções (não destrutivos e funcionais), concebidos para verificar a conformidade do sistema com os parâmetros de segurança e de desempenho estipulados.



Figura 4.1 - Fluxograma processual de fases de um projeto.

A organização sequencial das fases, aliada a uma documentação coerente e atualizada, permite que as equipas técnicas e de gestão de qualidade consigam monitorizar cada etapa com base em critérios pré-definidos. Esse acompanhamento é fundamental para mitigar riscos de não conformidades, atrasos e custos adicionais, assegurando que o sistema de *piping*, ao ser instalado, cumpre todos os requisitos técnicos e de segurança e, conseqüentemente, atenda às expectativas do cliente e das entidades reguladoras envolvidas.

4.1.1 Pedido de Cotação

A fase de Pedido de Cotação ou *Request For Quotation* (RFQ) marca o início do processo de contratação entre o cliente e o fornecedor do serviço (empreiteiro). Nesta etapa, o cliente emite um pedido formal de cotação, descrevendo o âmbito do projeto, as condições operacionais e os requisitos técnicos e comerciais, além de prazos previstos. A documentação fornecida normalmente inclui as especificações técnicas detalhadas (que indicam normas e códigos aplicáveis, como a EN 13480 ou a ASME B31.3), os desenhos preliminares (nomeadamente, desenhos isométricos, diagramas de processo e instrumentação – P&IDs, *Piping and Instrumentation Diagram*), layouts gerais, plantas), as MTOs – *Material Take-Off* que consistem nas listagens de material para arranque do projeto que antecipam de forma preliminar as quantidades de tubagens, válvulas, acessórios e equipamentos expectadas, e também requisitos adicionais (critérios de inspeção e aceitação, normas suplementares a aplicar e padrões de desempenho exigidos). Também são estabelecidas as datas estimadas para o arranque e o fim do projeto, as entregas intercalares, as condições de pagamento e as cláusulas contratuais mais relevantes.

Durante a análise técnica do pedido de cotação (RFQ), avaliam-se vários aspetos cruciais para determinar a viabilidade do projeto. Em primeiro lugar, procede-se a uma verificação da adequação técnica, isto é, identificam-se eventuais desafios relacionados com a disponibilidade e compatibilidade de materiais, condições especiais de soldadura ou necessidade de tratamentos térmicos (PWHT). Paralelamente, é necessário confirmar se as normas e regulamentos referidos pelo cliente abrangem todos os requisitos legais e setoriais aplicáveis – por exemplo, a Diretiva de Equipamentos sob Pressão (PED 2014/68/EU), imprescindível em projetos localizados na União Europeia [23]. Finalmente, com base em toda a informação reunida, procede-se a uma primeira estimativa de custos e de prazos, definindo-se uma proposta preliminar de execução e alocação de recursos.

No âmbito do projeto Vyncke (PCL21367), por exemplo, a análise do RFQ incluiu a revisão de especificações para materiais de alta temperatura, como a ASTM (*American*

Society for Testing and Materials), mais especificamente a A335 (*Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service*) para aços ligados como o P91 e o P22 (também denominado como 10CrMo9-10), que exigiam PWHT específicos e um controlo rigoroso dos parâmetros de soldadura [24]. Este exame pormenorizado na fase de RFQ mostrou-se determinante para a identificação, desde cedo, de requisitos técnicos críticos e para a elaboração de um plano de trabalho adequado às exigências do projeto.

4.1.2 Revisão técnica e Orçamentação

Após a análise inicial do RFQ, procede-se a uma revisão técnica mais aprofundada, envolvendo a verificação dos desenhos, listas de materiais e requisitos de desempenho estabelecidos pelo cliente. O propósito fundamental desta etapa é avaliar se os requisitos apresentados podem ser atendidos em conformidade com as normas e padrões internacionais, como a ASME B31.3, especificamente concebida para tubagens de processo.

Com base nos resultados da revisão técnica, a equipa de orçamentação elabora uma cotação detalhada, onde se definem os serviços a prestar, os materiais e equipamentos a adquirir, o cronograma de execução e os custos envolvidos. A descrição pormenorizada das atividades de engenharia, aprovisionamento, fabrico, montagem, ensaios e comissionamento permite delimitar o âmbito do trabalho, clarificando expectativas e atribuições. Em paralelo, indica-se a lista de materiais e equipamentos propostos, com indicação dos fornecedores preferenciais, certificados exigidos (por exemplo, EN 10204 Tipo 3.1 ou 3.2) e prazos estimados de entrega [25].

Nesta fase, elabora-se igualmente um cronograma que detalha marcos-chave, datas de início e conclusão de cada fase, prevendo eventuais restrições ou dependências. A componente financeira, por seu turno, exige o cálculo rigoroso do orçamento, discriminando custos de materiais, mão de obra, subcontractações, equipamentos e despesas gerais, bem como a margem de lucro. Finalmente, a cotação formaliza as condições contratuais e comerciais, definindo termos de pagamento, garantias, penalidades por atraso, cláusulas de confidencialidade e salvaguarda de propriedade intelectual.

Nos projetos PCL21367 e PCL22106, por exemplo, foi necessário contemplar a utilização de materiais como os aços A335 P22 e A335 P91, reconhecidos pela dificuldade das suas soldaduras e pela obrigatoriedade de PWHT, conforme prescrito na norma EN 13480-4 [7, 24]. Essa especificidade técnica influenciou significativamente o planeamento da mão de obra especializada, dos equipamentos de soldadura e ensaio

e da logística necessária para garantir o cumprimento integral das exigências contratuais.

4.1.3 Ordem de compra

Uma vez aprovada a cotação, o cliente emite a Ordem de Compra (*Purchase Order – PO*), que formaliza o contrato estabelecido entre as partes. A ordem de compra (PO) faz sempre referência aos documentos contratuais que integram o acordo, tais como cadernos de encargos, especificações técnicas, normas e regulamentos a serem observados. Além disso, delimita, de forma explícita, o âmbito do trabalho e as responsabilidades atribuídas tanto ao empreiteiro como ao cliente, incluindo tarefas como o fornecimento de materiais, o acesso ao local de execução e a obtenção de licenças e autorizações administrativas ou setoriais.

A PO define igualmente os prazos e datas contratuais, estabelecendo as datas de início e conclusão do projeto, bem como marcos intermédios cujo cumprimento pode estar associado a eventuais penalidades em caso de incumprimento. Do ponto de vista financeiro, contempla os valores contratuais, o modo de pagamento (por exemplo, adiantamentos, pagamentos faseados mediante marcos concluídos e retenções) e as condições específicas para a emissão de faturas. Esta formalização é crucial para garantir que todas as obrigações assumidas pelas partes se encontram claramente definidas e juridicamente vinculativas, conferindo segurança e estabilidade à fase de execução do projeto.

4.1.4 Garantia da Qualidade e Documentação

Após a finalização dos processos de revisão técnica e emissão de ordem de compra, a fase de Garantia da Qualidade (QA - *Quality Assurance*) torna-se fundamental para assegurar que todas as atividades serão conduzidas em conformidade com os requisitos técnicos e normativos estabelecidos no projeto. Nesta etapa, o Departamento de Qualidade elabora o Plano de Qualidade do Projeto (PQP), descrevendo o sistema de gestão da qualidade a aplicar, as políticas de controlo, as responsabilidades e os procedimentos operacionais, em conformidade com as orientações de normas como a ISO 10005:2018 - *Quality Management – Guidelines for Quality Plans* [26]. Este documento constitui a base para o alinhamento das equipas em relação a tarefas, procedimentos e padrões de desempenho a atingir.

Adicionalmente, desenvolvem-se os ITPs, nos quais são definidos os pontos de inspeção, distinguindo entre *Hold Points* (que impedem a continuação da atividade sem aprovação) e *Witness Points* (nos quais o cliente ou a entidade inspetora pode assistir a ensaios ou inspeções). Quando se trata de tubagens industriais metálicas, normas,

como a EN 13480 e a ASME B31.3, costumam constituir as principais referências para a seleção de requisitos técnicos e de segurança. Além disso, a definição de critérios de aceitação pode basear-se em documentos como a ISO 5817, orientando a avaliação de descontinuidades ou imperfeições em soldaduras. Para NDTs, normas específicas, como a EN ISO 17636-1 (radiografia), são frequentemente adotadas, assegurando que a verificação da integridade do sistema obedece a parâmetros de fiabilidade internacionalmente reconhecidos.

Nesta fase, são ainda elaboradas ou atualizadas as WPS, que, como é possível analisar na Figura 4.2, definem parâmetros como o processo de soldadura, o tipo de metal de adição, as correntes e tensões de operação, as temperaturas de pré-aquecimento e as velocidades de avanço. A adequação destes procedimentos é confirmada por meio de soldaduras de teste seguidas de ensaios destrutivos (tração, dobragem, impacto Charpy) e não destrutivos, cujos resultados são registados nos *Welding Procedure Qualification Records* (WPQR), demonstrando que os valores adotados permitem obter juntas com as características mecânicas e metalúrgicas desejadas [27].

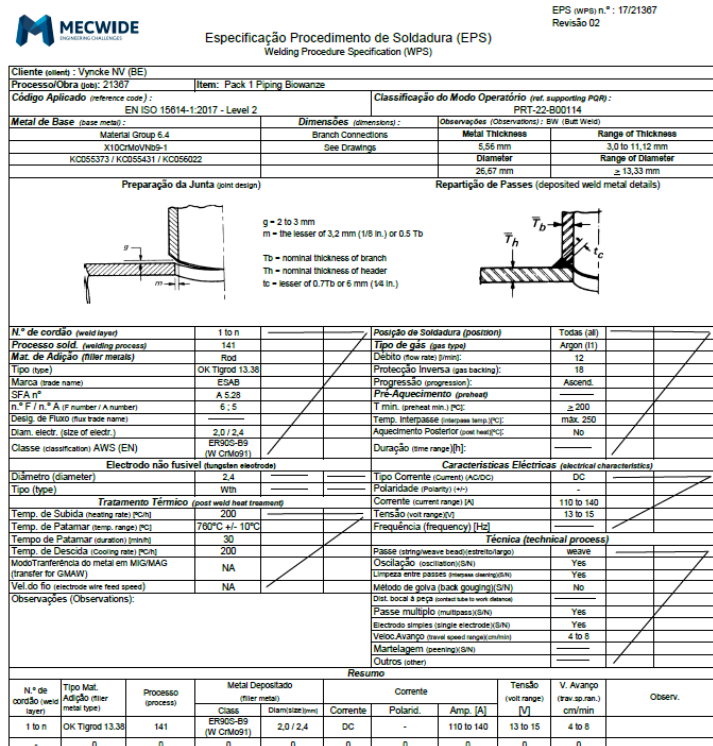


Figura 4.2 - Exemplo de uma WPS do projeto PCL21367.

Em paralelo, há a qualificação de soldadores e operadores, a qual envolve testes práticos executados conforme a EN ISO 9606-1 (ou norma aplicável), com vista a comprovar a aptidão técnica para proceder à soldadura dos materiais e utilizar os processos definidos [28]. Esta componente assume particular relevância quando o

projeto requer o manuseamento de ligas especiais ou processos/posições de soldadura combinados de maior complexidade, como é o caso de aços de alta resistência ou soldadura em condições de difícil acesso.

Consoante o nível de exigência, o Departamento de Qualidade elabora procedimentos ou instruções técnicas adicionais, bem como *Method Statements*, destinados a enquadrar pormenores do fabrico, como a gestão de materiais e sua segregação (ex. separação do Aço Inoxidável das restantes ligas para evitar contaminação) e a proteção anticorrosiva. Destaque-se, por exemplo, a especificação de PWHT, que pode incluir planos de pré-aquecimento, taxas de aquecimento/arrefecimento e temperaturas de patamar, com tempos de manutenção cuidadosamente estipulados para garantir a integridade metalúrgica das juntas soldadas. Simultaneamente, definem-se procedimentos de controlo de materiais, cobrindo a receção, o armazenamento, a segregação e a identificação dos lotes, de forma a manter uma rastreabilidade rigorosa, desde a origem dos materiais até à sua aplicação efetiva na obra.

A par da garantia de qualidade, procede-se à emissão da documentação de fabrico, incluindo registos de inspeções, atestados de conformidade e listas de verificação (*checklists*). Este conjunto documental, sendo parte integrante do dossier do projeto, evidencia o cumprimento dos requisitos estabelecidos e contribui para a rastreabilidade e a transparência dos processos produtivos. Assim, ao finalizar esta fase, a organização pode avançar para as etapas subsequentes (fabrico e montagem) com a certeza de que os padrões de qualidade foram rigorosamente observados, maximizando a probabilidade de êxito do projeto e minimizando riscos de não conformidades técnicas.

4.1.5 Produção e Fabrico

A fase de produção e fabrico concentra-se na construção física/real das tubagens e dos componentes ou equipamentos previamente definidos no projeto. Tudo se inicia com a receção e inspeção dos materiais, onde, para além da verificação dos certificados (por exemplo, EN 10204 Tipo 3.1), se procede a uma inspeção visual e dimensional, de modo a detetar possíveis danos, confirmar dimensões e avaliar as marcas de identificação dos produtos recebidos, verificando a sua conformidade com a guia de receção, também conhecido como *Packing List*, PL, e o respetivo certificado de material.

Concluída a inspeção, passa-se à preparação dos materiais, nomeadamente através de operações de corte e biselamento, seja por serras, plasma ou outros equipamentos de corte adequados (i.e., rebarbadora, máquinas de chanfro pneumáticas (Figuras 4.3 a 4.5), criando as condições ideais para uma soldadura correta nas extremidades das tubagens. Paralelamente, efetua-se a limpeza das superfícies, removendo sujidades como óleos, ferrugem ou tintas, que possam comprometer a qualidade das soldaduras.

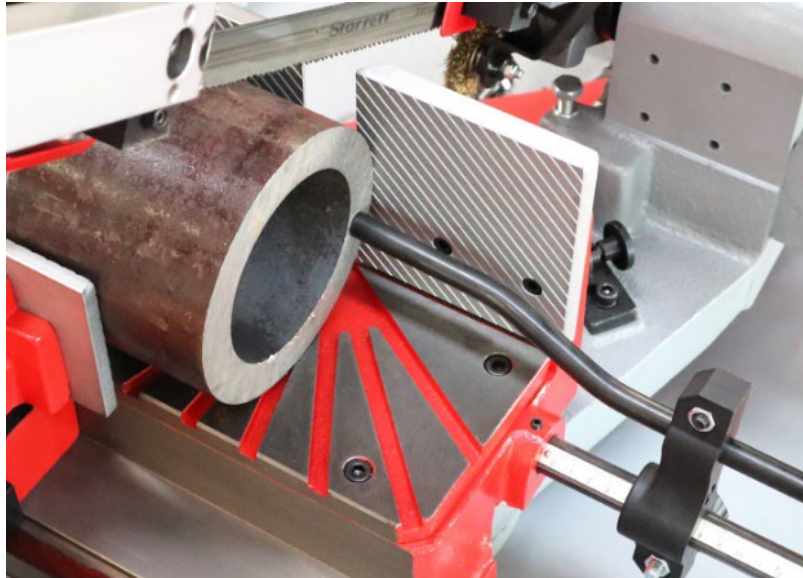


Figura 4.3 – Serrote mecânico.

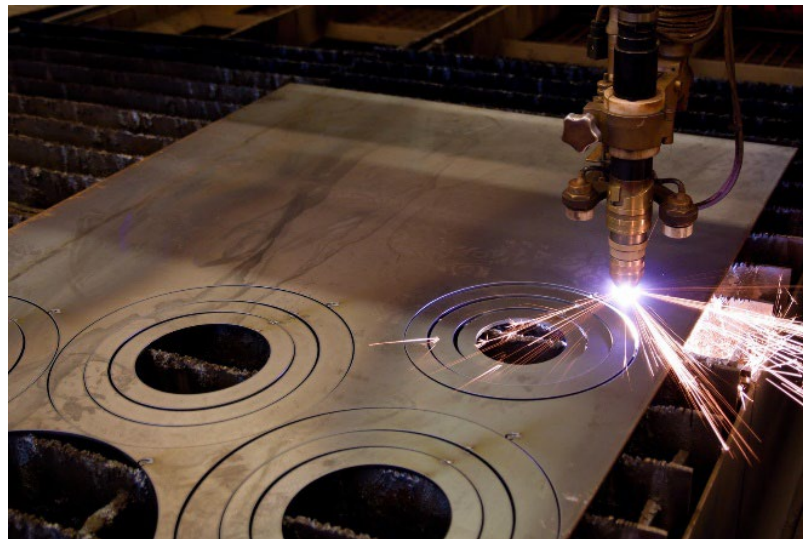


Figura 4.4 - Máquina de corte por Plasma.



Figura 4.5 - Máquina de Chanfro pneumática.

A montagem inicia-se pelo alinhamento e fixação das peças, muitas vezes com a ajuda de dispositivos de aperto (conhecidos como grampos), assegurando que as tolerâncias dimensionais são cumpridas. Para estabilizar temporariamente os componentes na posição correta, antes de efetuar a soldadura definitiva recorre-se à chamada *pingagem* ou soldadura de ponto como é evidente na Figura 4.6.



Figura 4.6 - Exemplo de uma soldadura por pontos para fixação de tubo a uma curva.

A soldadura final é então executada por soldadores qualificados, seguindo rigorosamente as WPSs aprovadas. Durante este processo, monitorizam-se parâmetros como corrente, tensão e velocidade de avanço, garantindo que os valores se mantêm dentro das faixas estabelecidas.

Quando exigido pelos procedimentos, procede-se ao pré-aquecimento antes da soldadura, que aumenta a soldabilidade e minimiza tensões térmicas e a probabilidade de fissuração. Já após a execução das soldaduras, pode ser necessário um PWHT, cuja função é aliviar as tensões residuais e restaurar as propriedades mecânicas do material, sobretudo em ligas mais sensíveis às variações de temperatura. A análise posterior do gráfico de PWHT (Temperatura em função do Tempo) como apresentado na figura 4.7 é crucial para assegurar que o ciclo estipulado foi seguido sem eventos, por exemplo, falhas de corrente, que resultam em arrefecimentos rápidos, fatais para ligas com tendência para formar estruturas frágeis (por exemplo, martensite não-revenida).

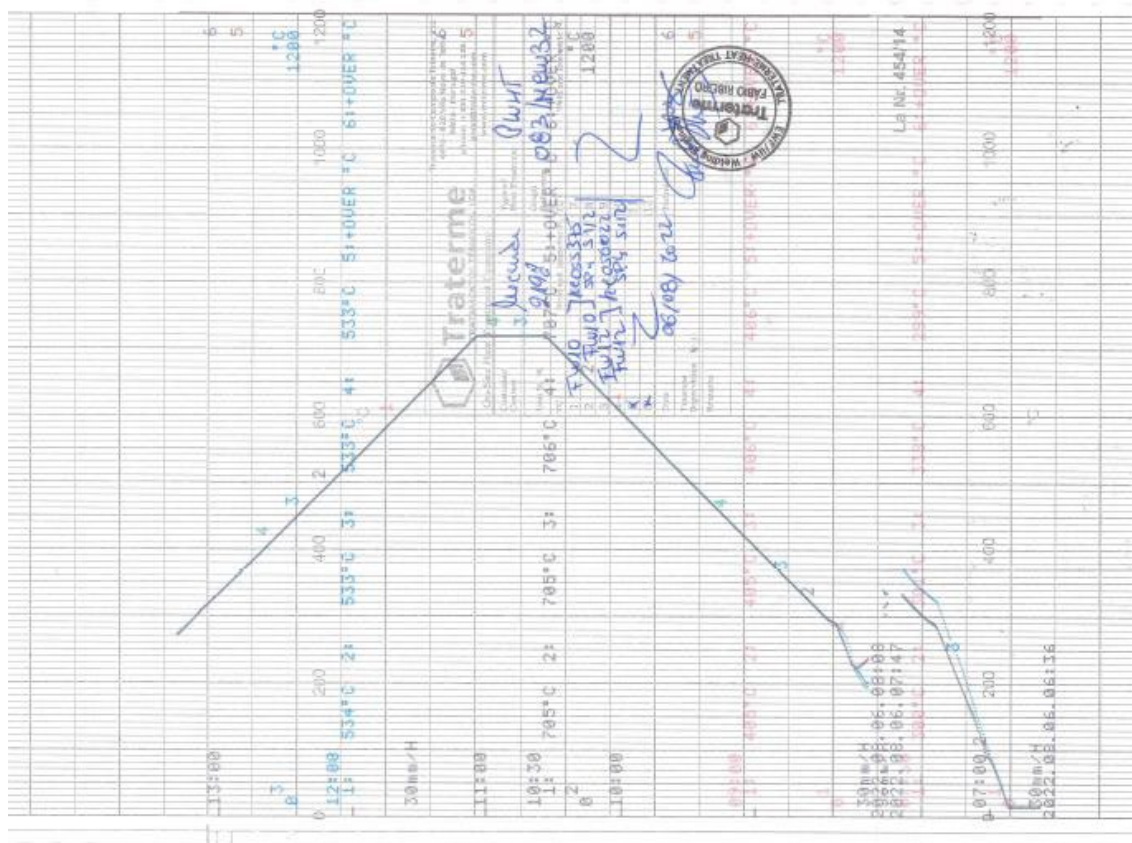


Figura 4.7 - Gráfico de PWHT, temperatura [°C] em função do tempo [horas].

Finalizada a parte essencial da soldadura, recorre-se ao controlo dimensional, verificando dimensões críticas, alinhamento e tolerâncias bem como ausência de empenos resultantes do processo de soldadura ou PWHT. Estas medições, efetuadas com instrumentos calibrados como paquímetros, micrómetros ou níveis, são registadas em relatórios, assegurando a rastreabilidade e a conformidade do produto com as especificações do projeto. Em cada etapa, produz-se documentação de suporte que comprova o cumprimento das normas aplicáveis e reforça a conformidade do sistema de piping.

4.1.6 Controlo de Qualidade e Registos

Depois de concluídas as fases de fabrico e montagem preliminar, entra-se na etapa de Controlo de Qualidade (QC – *Quality Control*), onde se realizam testes e inspeções para confirmar que o produto final cumpre todos os requisitos técnicos e de qualidade. Esta abordagem, em conformidade com as boas práticas de gestão documental defendidas por Edwards [1], Watts [2] e Wiggins [5], recorre a metodologias que asseguram a rastreabilidade e a transparência em cada junta soldada, minimizando riscos e facilitando auditorias futuras.

Uma das ferramentas centrais nesta fase é o documento interno Q27 – Registo de Rastreabilidade de Juntas Soldadas. Este registo agrega informação relativa aos componentes (desenhos isométricos, *spools* - sub-conjuntos de tubagem soldados referentes ao desenho isométrico - e qual a revisão mais atual), às ligações (*part number, heat number, certificate number*) e aos parâmetros de soldadura (tipo de junta, processo, soldador, data, consumíveis), além de incluir os relatórios de NDTs e PWHT. Com isto, garante-se uma rastreabilidade completa, sendo possível identificar a origem dos materiais, verificar a correta execução das soldaduras e confirmar que os métodos de ensaio foram aplicados de acordo com as normas e os requisitos do projeto. Estas informações são também colocadas nos componentes para ser possível identificá-las *in loco* como evidente na Figura 4.8.



Figura 4.8 - Identificação e rastreabilidade de componentes.

O documento Q27 encontra-se organizado em seis secções distintas. Na Secção 1, exemplificada na Figura 4.9, procede-se à identificação do sistema (desenhos isométricos, *spools* e revisão).


	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							<i>Cliente</i>
5							<i>Assunh</i>
6							<i>Doc. Rev</i>
7							
8							
9							
10							
11							
73							
74							
75							
	ISOMETRIC	SPOOL	WORK PROJECT	SHEET NO.	CLASS RATING PN	BOLT DIA-M. Ø	REV.
	0714-2000	1	PCL-22106	18	0714-2000118	0714-200018	3
	0714-2000	1	PCL-22106	18	0714-2000118	0714-200018	3
	0714-2000	1	PCL-22106	18	0714-2000118	0714-200018	3

Figura 4.9 - Q27 - Secção 1 (Identificação do Sistema).

A Secção 2 (Figura 4.10) descreve a ligação em si, indicando a junta ou o componente (por exemplo, *Pipe*, *Elbow* - curva), o número de lote conhecido como *heat number*, o respectivo certificado (*certificate number*) e a soldadura — distinguindo, por exemplo, *Shop Weld* (SW) que designa uma soldadura a realizar em Pré-Fabrico ou *Field Weld* (FW) soldadura a realizar na montagem.


DESIGNATION	HEAT NR*	CERTIFICATE NR*	WELD NUMBER	DESIGNATION	HEAT NR*	CERTIFICATE NR*
DN200, PIPE SEAMLESS, SCH 160, A335-P91 (14903)	903965-009	02-21-22218	SW012	DN200, TEE, SCH 160, A335-P91 (14903)	41022	7945-P1
DN200, TEE, SCH 160, A335-P91 (14903)	41022	2020-027830-SD	SW013	DN200, CAP, SCH 160, A335-P91 (14903)	170177	7945-P3
DN200, CAP, SCH 160, A335-P91 (14903)	170177	02-21-22218	SW014	DN25, WELDOLET, A335-P91 (14903), MSS-SP97, CL. 3000#	639730	2158096
DN25, WELDOLET, A335-P91 (14903), MSS-SP97, CL. 3000#	639730	6311_21	FW015	DN25, PIPE SEAMLESS, SCH 160, A335-P91 (14903)	911808	02-21-22218
DN25, PIPE SEAMLESS, SCH 160, A335-P91 (14903)	911808	02-21-22218	SW016	DN25, Ball Valve, Meca-Inox 3piece, Type PS4-L-BW, A105	K24	CLIENT

Figura 4.10 - Q27 - Secção 2 (Identificação da ligação).

Já a Secção 3 (Figura 4.11) reúne os dados de soldadura: tipo de junta (BW – Butt Weld ou Junta Topo-a-Topo, FW – *Fillet Weld* ou Junta de Canto, SW – Socket Weld ou Junta de Encaixe, etc.), diâmetro e espessura (o termo *Schedule* (SCH) designa uma classificação padronizada da espessura de parede do tubo, correlacionada com o diâmetro nominal e a pressão de serviço), o WPS aplicado, a identificação do soldador (código único para garantir a rastreabilidade), o lote de consumível utilizado. Algumas destas informações são provenientes da folha de produção de soldador (Figura 4.12).

Weld Type	Diameter	SCH.	WPS	Welder Stamp	Filler Material Certificate	Weld Date
BW	14"	20	Mw.09_2023	S45	20120 SEU3510270	27/06/2023
BW	14"	20	Mw.09_2023	B349	132824R15K	25/08/2023
BW	14"	20	Mw.09_2023	S05	17123 SEX0510325	26/06/2023
BW	14"	20	Mw.09_2023	B349	132824R15K	04/09/2023
BW	14"	20	Mw.09_2023	B10	132824R15K	17/10/2023

Figura 4.11 - Q27 - Secção 3 (Dados de soldadura).

Folha de Produção Soldador 

Nome: *Mobano Ferreira*

Obra/OT: *REPOL - PCL21381*

N.º Soldador: *B195* Data: *28-09-22*

Linha/ Isometrico/ Spool	N.º Sold.	Ø Pol/m	Tipo:
<i>N-0506 H01</i>	<i>SW 2</i>	<i>Ø 3/4"</i>	<i>24</i>
<i>u</i>	<i>SW 3</i>	<i>Ø 3/4"</i>	<i>4</i>
<i>u</i>	<i>SW 4</i>	<i>Ø 3/4"</i>	<i>4</i>
<i>u</i>	<i>u</i>		
TOTAL:			

OBS:
ITEM NO 126424 2138
LOT No. PV W 410 162 ASS: _____

031-0

Figura 4.12 - Q31 – Exemplo de Folha de produção de soldador e conteúdos.

A Secção 4 (Figura 4.13) foca-se nos relatórios de NDTs. Aqui, registram-se o número e a data de cada relatório e o respetivo resultado. Dependendo das especificações, podem aplicar-se métodos como RT (*Radiographic Testing*, Ensaio por Radiografia), MT (*Magnetic Testing*, Ensaio por Partículas Magnética), PT (*Penetrant Testing*, Ensaio por Líquidos Penetrantes) ou UT (*Ultrasonic Testing*, Ensaio por Ultrassons tradicionais), assegurando uma avaliação criteriosa das soldaduras internas e superficiais, em linha com normas como a EN ISO 17636-1 (RT) [29] ou EN ISO 3452-1 (PT) [30].

	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AO	AP	AQ
	Radiographic Testing (RT)			Ultrasonic Testing (UT)			Magnetic Testing (MT)			Visual / Dimensional		
	Report n°	Date	Result	Report n°	Date	Result	Report n°	Date	Result	Report n°	Mecwide SA	Client
9												
10												
11												
90	22.L.05941 Rev.1	08/08/2022	OK				22.L.05881	01/09/2022	OK	34	OK	
91				005 UT	28/09/2022	OK	S-011 MT	27/09/2022	OK	52	OK	
93	22.L.05548	02/08/2022	OK				22.L.05878	29/07/2022	OK	34	OK	
95	22.L.05581	03/08/2022	OK				22.L.05881	01/09/2022	OK	34	OK	
97	B-001 RT	28/11/2022	OK	NA						52	OK	
99				004 UT	22/09/2022	OK	S-011 MT	27/09/2022	OK	53	OK	
100				004 UT	22/09/2022	OK	S-011 MT	27/09/2022	OK	53	OK	

Figura 4.13 - Q27 - Secção 4 (Relatórios NDTs).

Na Secção 5 (Figura 4.14), ficam registadas as informações sobre tratamentos térmicos (pré-aquecimento ou PWHT), incluindo relatórios próprios, datas de execução, resultados (por exemplo, medições de dureza) e qualquer anomalia detetada.

AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
Pre-Heat		Heat treatment (PWHT)		Hardness (HT)		
Report n°	Date	Report n°	DATE	Report n°	Date	Result
		HTR-019/MCW33 HTR-022/MCW33	30/07/2022 02/08/2022	22.S.02977 22.S.02978	01/08/2022 03/08/2022	OK OK
HTR-062/MCW33	29/08/2022	HTR-022/MCW33 HTR-078/MCW33	02/08/2022 18/09/2022	22.S.02978 HR-001/MCW33	03/08/2022 30/09 - 03/10	OK OK
HTR-005/MCW33	20/07/2022	HTR-006/MCW33 HTR-032/MCW33	21/07/2022 08/08/2022	22.S.02973	29/07/2022	OK
HTR-001/MCW33	12/07/2022	HTR-017/MCW33 HTR-032/MCW33	29/07/2022 08/08/2022	22.S.02977	01/08/2022	OK
		HTR-130/MCW33	30/11/2022	HR-003/MCW33	01/12/2022	OK
HTR-063/MCW33 HTR-064/MCW33 HTR-066/MCW33	31/08/2022 01/09/2022 03/09/2022	HTR-071/MCW33	10/09/2022	HR-001/MCW33	30/09 - 03/10	OK
HTR-066/MCW33	03/09/2022	HTR-071/MCW33	10/09/2022	HR-001/MCW33	30/09 - 03/10	OK
HTR-021/MCW33 HTR-024/MCW33	02/08/2022 03/08/2022	HTR-025/MCW33	04/08/2022	22.S.02979	08/08/2022	OK

Figura 4.14 - Q27 - Secção 5 (Tratamentos Térmicos).

Finalmente, na Secção 6 (Figura 4.15), é compilada a informação relativa aos ensaios de pressão (hidrostáticos ou pneumáticos), que testam a resistência e a integridade das juntas.

	AR	AS	AT	AU
9	Hydrotest			
10	Mecwide Report n°	Date	NoBo Report N°	REMARKS
11				
76	HT_005	29/11/2022	003	
78	HT_005	29/11/2022	003	
80	HT_005	29/11/2022	003	
82	HT_005	29/11/2022	003	
86	HT_005	29/11/2022	003	
87	HT_005	29/11/2022	003	
88	HT_005	29/11/2022	003	

Figura 4.15 - Q27 - Secção 6 (Ensaio de Pressão).

Este sistema de registo centralizado previne falhas documentais, já que cada junta só avança para a etapa seguinte se todos os ensaios estiverem aprovados e devidamente arquivados. Além disso, permite uma avaliação rápida do estado global do projeto, indicando a percentagem de juntas já inspecionadas ou ensaiadas. Também suporta eventuais auditorias internas ou externas, visto que demonstra a conformidade dos processos de soldadura com normas internacionais.

Realizam-se também inspeções visuais (VT) que, seguindo a ISO 17637 [31], detetam defeitos superficiais como porosidades, fissuras ou mordeduras. As Figuras 4.16 e 4.17 exemplificam alguns utensílios usados nestas inspeções como escantilhões e espelhos para inspeção indireta em zonas de difícil acesso.



Figura 4.16 - Inspeção Visual e ferramentas utilizadas (escantilhões).



Figura 4.17 - Inspeção Visual indireta via espelho.

Quando necessário, aprofundam-se as verificações com NDTs, como líquidos penetrantes (EN ISO 3452-1), partículas magnéticas (EN ISO 17638), radiografia (EN ISO 17636-1) ou ultrassons, de modo a avaliar a existência de descontinuidades internas ou superficiais [29, 30, 32]. Os resultados são analisados com base em critérios de aceitação como os definidos na ISO 5817. Estes variam com a severidade dos serviços a que a tubagem estará sujeita (*standard*, fadiga ou fluência) [33].

Por fim, todos estes dados — relatórios de inspeção dimensional ou visual (Q51.0 / Q52), certificados de materiais e consumíveis, registos de soldadura e resultados de ensaios — são compilados em dossiês de qualidade, garantindo a rastreabilidade e a coerência e conformidade documental da totalidade do projeto. A adoção deste sistema de controlo de qualidade durante a etapa de controlo de qualidade assegura a conformidade de cada junta soldada.

4.1.7 Testes e Ensaios

Concluídas as fases de fabrico e montagem, procede-se à realização de testes e ensaios que visam comprovar a integridade, a segurança e a funcionalidade do sistema de tubagem. Em conformidade com as exigências estabelecidas em normas internacionais como a EN 13480-5 e a ASME B31.3, esta etapa abrange ensaios de pressão (hidrostáticos ou pneumáticos), verificações funcionais dos equipamentos (válvulas e instrumentação) e calibração de instrumentos de medição.

Ensaio Hidrostáticos

Numa primeira fase, as secções a testar são isoladas e munidas de manómetros calibrados, enchendo-se o circuito com água desmineralizada ou tratada. A pressão é então aumentada gradualmente até atingir um valor normalmente correspondente a 1,5 vezes a pressão de projeto, sendo mantida durante um período previamente estipulado (por exemplo, 30 minutos)[7, 9].

Enquanto o sistema se encontra pressurizado, procede-se à verificação de fugas, deformações permanentes ou quaisquer sinais de falha estrutural. Este procedimento segue as diretrizes de segurança e as referências normativas aplicáveis, assegurando a conformidade dos resultados registados.

Ensaio Pneumáticos

Quando, por requisitos do projeto, se opta por ensaios pneumáticos, recorre-se a ar comprimido ou a um gás inerte, como o azoto. Neste caso, a compressibilidade do gás acarreta riscos adicionais, pelo que se implementam medidas de segurança mais exigentes, tanto no planeamento como na execução do ensaio. Embora o procedimento seja globalmente semelhante ao dos ensaios hidrostáticos, uma eventual falha pode resultar numa libertação de energia muito superior, reforçando a necessidade de monitorização apertada e de procedimentos de emergência adequados.

Ensaio de Funcionamento

Após os ensaios de pressão, procede-se à verificação operacional de válvulas, sensores, atuadores e outros equipamentos, confirmando a sua adequação funcional. Adicionalmente, efetua-se um processo de *flushing* ou limpeza interna das tubagens, removendo impurezas, resíduos de fabrico ou eventuais partículas que possam comprometer o desempenho. Desta forma, assegura-se que o sistema atinge as condições necessárias de segurança e fiabilidade antes de avançar para as etapas de comissionamento.

Calibração de Equipamentos

Por fim, verifica-se se todos os instrumentos de medição (manómetros, termómetros, caudalímetros, entre outros) estão calibrados e certificados de acordo com as especificações do projeto. Estes registos de calibração são arquivados no dossier de construção, atestando a rastreabilidade metrológica de cada equipamento. A disponibilização desta documentação constitui uma evidência adicional de que o sistema, ao entrar em serviço, cumpre integralmente os requisitos técnicos e contratuais definidos.

4.1.8 Comissionamento

A fase final de um projeto de tubagem consiste no comissionamento, altura em que o sistema é verificado em condições reais de operação para confirmar o seu desempenho global. Nesta etapa, garante-se que todos os subsistemas funcionam de acordo com as especificações técnicas e que o cliente pode iniciar a exploração do sistema de forma segura, conforme princípios de gestão de projetos propostos no PMBOK [3] e nas boas práticas de controlo de qualidade descritas por Hutchins [6].

A primeira vertente do comissionamento passa pelas verificações finais, que incluem a elaboração de *checklists* de pré-arranque, assegurando que todas as atividades anteriores foram efetivamente concluídas e registadas. Em paralelo, são realizadas inspeções interdisciplinares que envolvem diferentes áreas funcionais (como mecânica, elétrica e instrumentação), favorecendo a integração plena dos sistemas e a deteção de possíveis discrepâncias.

Seguidamente, conduzem-se testes de performance, onde o sistema é colocado em funcionamento com o fluido de processo, possibilitando a monitorização de parâmetros críticos (por exemplo, caudal, pressão ou eficiência) em cenários representativos das condições reais de operação. A comparação dos resultados obtidos com as metas estabelecidas no projeto permite avaliar se os indicadores de desempenho estão dentro dos limites de aceitação previamente definidos.

A formação de operadores faz igualmente parte do comissionamento, implicando sessões teóricas e práticas nas quais se abordam o funcionamento, a manutenção e as normas de segurança aplicáveis ao sistema. Este treino é habitualmente acompanhado da disponibilização de manuais de operação que descrevem, de forma pormenorizada, os procedimentos a adotar na exploração diária do sistema e na resolução de eventuais incidentes.

Por fim, a entrega formal do sistema materializa-se na emissão de um certificado de conclusão, que atesta o cumprimento dos requisitos do projeto e a aptidão do sistema para entrar em serviço. Em simultâneo, procede-se à entrega do dossier de construção completo, que inclui desenhos “Como Construído” (*As-Built*), certificados, registos de ensaios e inspeções, bem como toda a documentação técnica necessária para a gestão futura do sistema. Desta forma, conclui-se o ciclo de vida do projeto de *piping*, garantindo a satisfação do cliente e a rastreabilidade de todos os processos envolvidos.

4.2 Aplicação Prática nos Projetos Vyncke, BioWanze e Falcão 2

A implementação dos processos de revisão documental e processual em projetos industriais pode ser observada de forma prática nos projetos Vyncke - PCL21367, BioWanze - PCL22106 e Falcão 2 - PCL21267, nos quais foram aplicadas metodologias rigorosas de controlo de qualidade, gestão documental e conformidade normativa. Esta secção descreve a aplicação dos princípios discutidos nos capítulos anteriores a três projetos distintos, cada um com desafios específicos e soluções implementadas para garantir o cumprimento dos requisitos técnicos e regulatórios.

Cada projeto envolveu a gestão e execução de tubagens industriais em contextos distintos: enquanto o projeto Vyncke e o projeto BioWanze foram desenvolvidos na

Bélgica, envolvendo instalações de cogeração e ligação a infraestruturas existentes, o projeto Falcão 2 decorreu em Angola, num ambiente de exploração petrolífera, exigindo um controlo rigoroso de codificação documental e proteção anticorrosiva. As diferenças entre os projetos permitiram a aplicação de estratégias diferenciadas, desde a adaptação dos processos de fabrico e montagem até à gestão de inspeções e auditorias.

Nos subcapítulos seguintes, serão detalhadas as especificidades de cada um destes projetos, incluindo a documentação técnica envolvida, os desafios encontrados e as soluções implementadas para assegurar a conformidade com os regulamentos e normas internacionais aplicáveis.

4.2.1 Projeto PCL21367 – Vyncke NV

Neste projeto, o destaque incide na Documentação Técnica e Gestão de Informação, uma vez que a produção, controlo e entrega de um volumoso dossier de construção exigiram coordenação meticulosa e recursos adequados para garantir a coerência dos registos [1]. O volume de documentação, bem como a necessidade de cumprir padrões de qualidade internos e contratuais, implicou a adoção de sistemas de gestão documental robustos, em linha com as recomendações de Edwards [1] e Watts [2].

A complexidade deste projeto refletiu-se, numa vertente de controlo de qualidade, na existência de uma equipa de técnicos reduzida e num elevado volume de trabalho situado num edifício de uma caldeira com acessos difíceis e grande verticalidade. Em paralelo, na vertente de gestão documental, o número elevado de isométricos, relatórios de NDTs, relatórios de PWHT, certificados de materiais e outros registos exigiu rastreabilidade e atualizações constantes. A organização rigorosa de documentos e a verificação de conformidade (por exemplo, através de *checklists* e fluxos de aprovação) revelaram-se cruciais para manter a clareza e a coesão do dossier entregue ao cliente, sendo ferramentas como o SharePoint cruciais.

4.2.2 Projeto PCL22106 – BioWanze NV

O projeto PCL22106 consistiu na construção de tubagens de ligação entre a caldeira instalada no PCL21367 e as infraestruturas existentes da BioWanze através de um *piperack* que consiste numa estrutura elevada, normalmente em perfis metálicos como vigas, concebida para suportar e organizar tubagens (e por vezes cablagem) em instalações industriais, facilitando o seu encaminhamento seguro, otimizando e reduzindo a ocupação de espaço no solo. Este projeto também inserido no âmbito da PED 2014/68/EU, classificado como Categoria III, requereu o envolvimento e uma colaboração intensiva com um Organismo Notificado (NoBo – *Notified Body*)[23].

As atividades incluíram a gestão e planeamento das atividades, tendo em conta que algumas delas seriam *Hold Points* impostos pelo NoBo, a constante manutenção de documentação técnica para avaliação da conformidade, auditorias e inspeções realizadas pelo NoBo e implementação de um plano de controlo de qualidade rigoroso. A categorização dos equipamentos sob a PED determinou a metodologia de avaliação da conformidade, que envolveu inspeções detalhadas dos materiais, processos de fabrico e ensaios hidráulicos[23].

A rastreabilidade dos processos foi assegurada através de uma boa gestão das atividades associada a constante produção e atualização do documento de rastreabilidade (Q27) permitindo ter uma visão clara do progresso ou de incongruências, que permitiu o acompanhamento de cada fase do projeto desde a aquisição de materiais até à montagem final. O envolvimento direto na supervisão das atividades de soldadura e inspeção proporcionou um aprofundamento das práticas de controlo de qualidade em sistemas pressurizados.

4.2.3 Projeto PCL21267 – Sonangol – Falcão 2

O projeto PCL21267, realizado para a Sonangol, envolveu a construção de uma unidade de receção, processamento e distribuição de gás natural (*Gas Reception and Distribution Unit – GRDU*) em Angola, abrangendo a pré-fabricação, montagem de tubagens e equipamentos, bem como Construção Civil e Eletrónica e Instrumentação (estas duas últimas fora do âmbito do presente estágio). Esta iniciativa apresentou desafios singulares no que respeita à gestão documental e à implementação de sistemas de proteção anticorrosiva, cruciais para assegurar a longevidade da instalação num ambiente particularmente agressivo. Estas condições hostis decorrem, sobretudo, de fatores como a elevada humidade localizada, a presença de compostos corrosivos e a salinidade, que estimulam processos de oxidação acelerada. Por esse motivo, recorreu-se à aplicação de esquemas de pintura mais avançados, capazes de oferecer maior eficiência na proteção das superfícies metálicas e de manter elevados níveis de fiabilidade e segurança ao longo do ciclo de vida do projeto [34].

A complexidade do projeto exigiu um controlo rigoroso da documentação, com a implementação de um sistema de codificação detalhado para rastreabilidade de cada documento. O controlo de qualidade tem um especial ênfase, na fase final, especialmente na aplicação de revestimentos anticorrosivos, sendo necessário garantir a conformidade com a ISO 12944 para ambientes de corrosividade elevada. As inspeções foram realizadas em várias fases, incluindo a qualidade de preparação de superfícies e decapagem, medição de espessuras de camadas de pintura e testes de aderência para assegurar a resistência do revestimento ao longo do tempo [34].

Além disso, a fase de comissionamento envolveu uma verificação minuciosa de todos os sistemas, incluindo testes funcionais e verificações finais de conformidade antes da

entrega do projeto. A complexidade logística do projeto exigiu uma gestão eficaz dos prazos e da comunicação entre as equipas de engenharia, qualidade e subcontratados.

4.3 Projetos Integrados

Para rastreabilidade, a cada projeto da Mecwide é atribuída uma codificação interna, composta por 3 partes. O PCL está associado a “Projeto **CL**iente”, o número que o segue é a composição de duas partes, por exemplo, no projeto PCL21367, o 21 é referente ao ano da receção do RFQ, que teve lugar em 2021, os restantes 3 dígitos, é a numeração sequencial de acordo com a ordem de receção dos pedidos de cotação.

4.3.1 PCL21367 – Vyncke NV

O projeto PCL21367, desenvolvido para a empresa Vyncke NV, consistiu na instalação de uma segunda caldeira de cogeração na central BioWanze, situada na Bélgica. Classificado como um projeto EPCC (*Engineering, Procurement, Construction and Commissioning*), revelou-se particularmente exigente em virtude de a montagem das tubagens ter de ser executada num edifício com 14 andares, o que implicou uma coordenação minuciosa de subcontratados e o recurso a andaimes e plataformas de elevação para garantir a segurança e a eficiência das operações. Na Figura 4.18, observa-se a caldeira de cogeração Vyncke, cujo porte e complexidade estrutural evidenciam a necessidade de um planeamento rigoroso das etapas de fabrico e montagem.



Figura 4.18 - Caldeira de cogeração Vyncke.

Ao longo deste subcapítulo, descreve-se, com maior detalhe, o desenvolvimento do projeto, destacando as fases de revisão documental e inspeção de qualidade. A execução centrou-se, principalmente, na instalação de tubagens industriais destinadas a uma caldeira de biomassa, enquadrando-se em normas de referência como a EN 13480, que define requisitos para tubagens industriais metálicas [7, 8], e a EN 10216-2, aplicável a tubos de aço sem costura para serviços de pressão [35]. Outros referenciais igualmente relevantes incluíram a EN ISO 15614-1 e a EN ISO 9606-1, que regulamentam, respetivamente, a especificação e qualificação de procedimentos de soldadura e a qualificação de soldadores [27, 28].

No que concerne aos materiais, o projeto envolveu a utilização de ligas diversas, desde aço carbono P235GH, apropriado para tubagens de pressão até cerca de 450 °C, até aços de liga como 10CrMo9-10 (P22) — selecionado para ambientes de elevada temperatura e pressão — e X10CrMoVNb9-1 (P91), adotado em condições particularmente severas, devido às suas excelentes propriedades mecânicas e de resistência à fluência. Adicionalmente, foi necessário recorrer a ligas de características específicas, como 16Mo3, 13CrMo4-5 (P11) e aços inoxidáveis austeníticos do tipo AISI 312 TP304L e TP316L, cada qual respondendo a requisitos distintos, em função das condições operacionais do sistema de cogeração. A seleção e a aplicação correta destes materiais foram determinantes para assegurar a durabilidade e fiabilidade das tubagens, conferindo elevada importância às etapas de revisão documental, qualificação de procedimentos de fabrico e controlo de qualidade ao longo de toda a execução do projeto.

4.3.1.1 Pedido de Cotação

A Vyncke NV forneceu um pacote documental abrangente que descrevia os requisitos técnicos e operacionais para a nova caldeira de cogeração. Entre a documentação inicialmente disponibilizada, salientam-se os desenhos em três dimensões (3D) do *layout* da central (Figuras 4.19 e 4.20), concebidos em formato CAD, que permitiram visualizar com clareza a localização exata das tubagens, a posição dos equipamentos adjacentes e possíveis interferências estruturais. A partir destes modelos, foi ainda possível avaliar antecipadamente o grau de acessibilidade no edifício de 14 andares, identificando as necessidades de andaimes, plataformas e outros meios de elevação para efetuar a montagem das tubagens em altura.



Figura 4.19 - Modelo 3D (Edifício da caldeira).

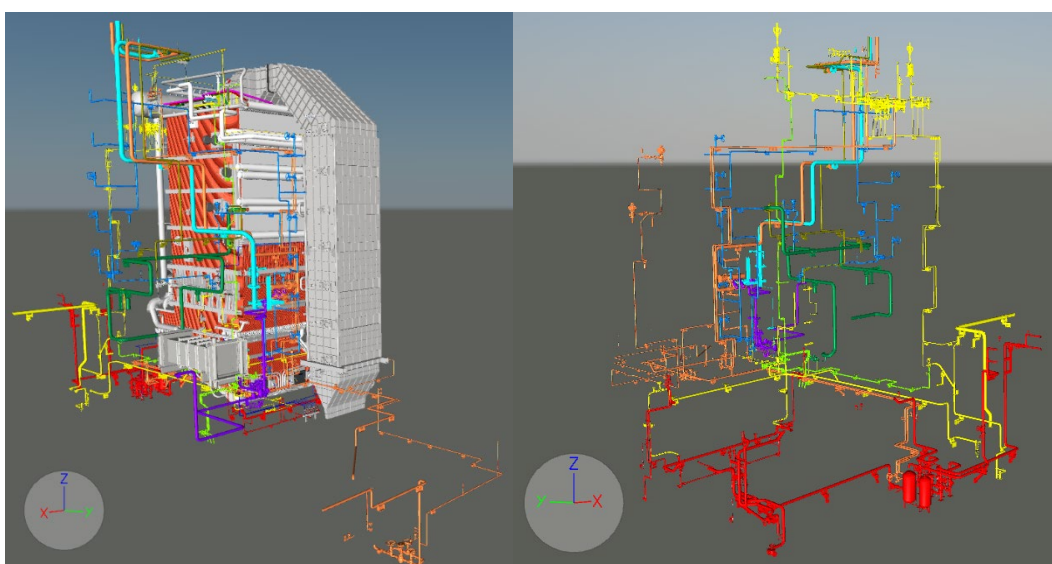


Figura 4.20 - Modelo 3D (Caldeira + Tubagem).

Além dos desenhos 3D, a Vyncke NV disponibilizou listas de linhas e informação técnica inicial, onde se destacavam os desenhos isométricos (Figuras 4.21, 4.22 e 4.23). Esses desenhos apresentavam, de forma detalhada, as dimensões dos componentes, os materiais a empregar, os processos de soldadura previstos e as notas técnicas indispensáveis à execução. Em complemento, foi facultado o *Material Take-Off* (MTO) (Figura 4.24), que discriminava pormenorizadamente os comprimentos de tubo, o número de acessórios (curvas, “tês”, reduções), as válvulas e a instrumentação necessários. Esse documento continha ainda as especificações de materiais, abrangendo a classe de pressão aplicável, as espessuras (SCH), as tolerâncias admitidas e os requisitos de certificação correspondentes.

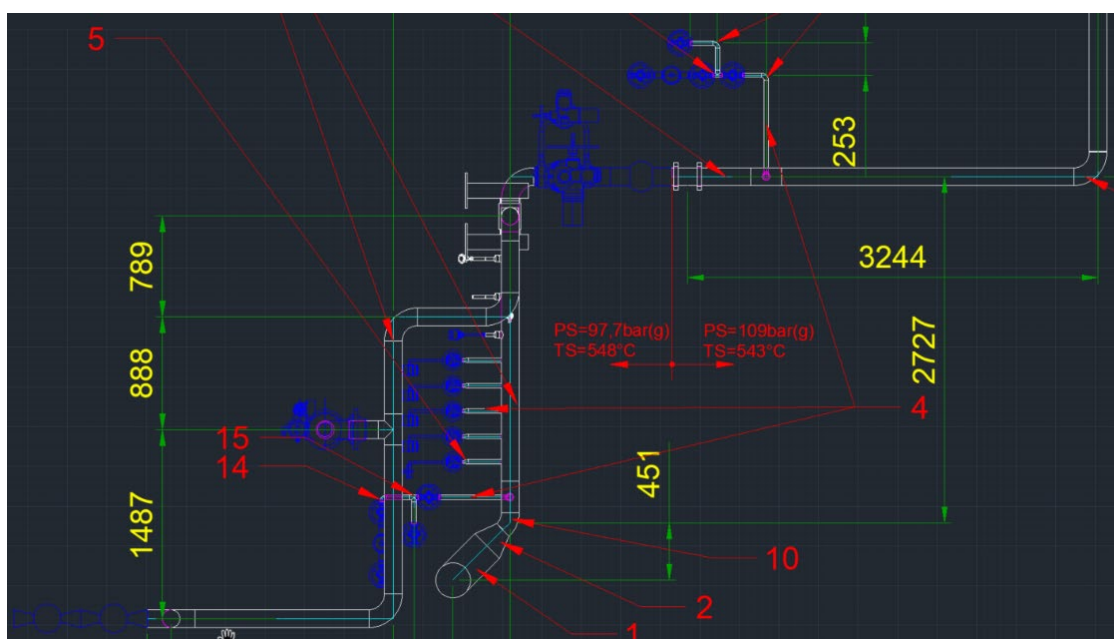


Figura 4.21 - Desenhos Técnicos (Vyncke NV).

Technical Data		NDE EN 13480-5:2017		For creep or fatigue	
CE: 0026	PROJECT-NAME: BIOWANZE II	Piping category III Mat. group 3.1, 3.2, 3.3, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 7.1, 7.2			
PROJECT NR. : 1.09839	VOLUME : ---	Type of weld		MT/PT	RT/UT
CONSTRUCTION NR. : 298633/2	HEATING SURFACE : ---	All welds	Visual 100%		
YEAR : <i>Exact Year of the pressure test</i>	TS : 543	Circumferential butt welds		100%	100%
EQUIPMENT : ST PIPING	PS : 109	Branch connection		100%	---
MODEL : DN200	PT : 390,5	Socket and fillet welds		100%	---
MEDIUM : S.H. STEAM	EN13480	For $s_w \leq 36 \text{ mm}$			
PED category and module classification		Test group following EN13480			
Category : II	Module : DNF	EN13480-1:2012 Table 5.1-1 => Fluid: Gases or Liquids			
Equipment=Piping		CEN/TR13480-7:2002 Article 4.2 => Fluid group: 2			
Fluid group 2: Gases or Liquids (TS > 110°C; table 7, DN<200 PS=109bar)		EN13480-1:2012 Table 5.1-1 => PS.DN = 24425 AND >350°C			
		PIPING CLASS: III			

Figura 4.22 - Informação técnica (Vyncke NV).

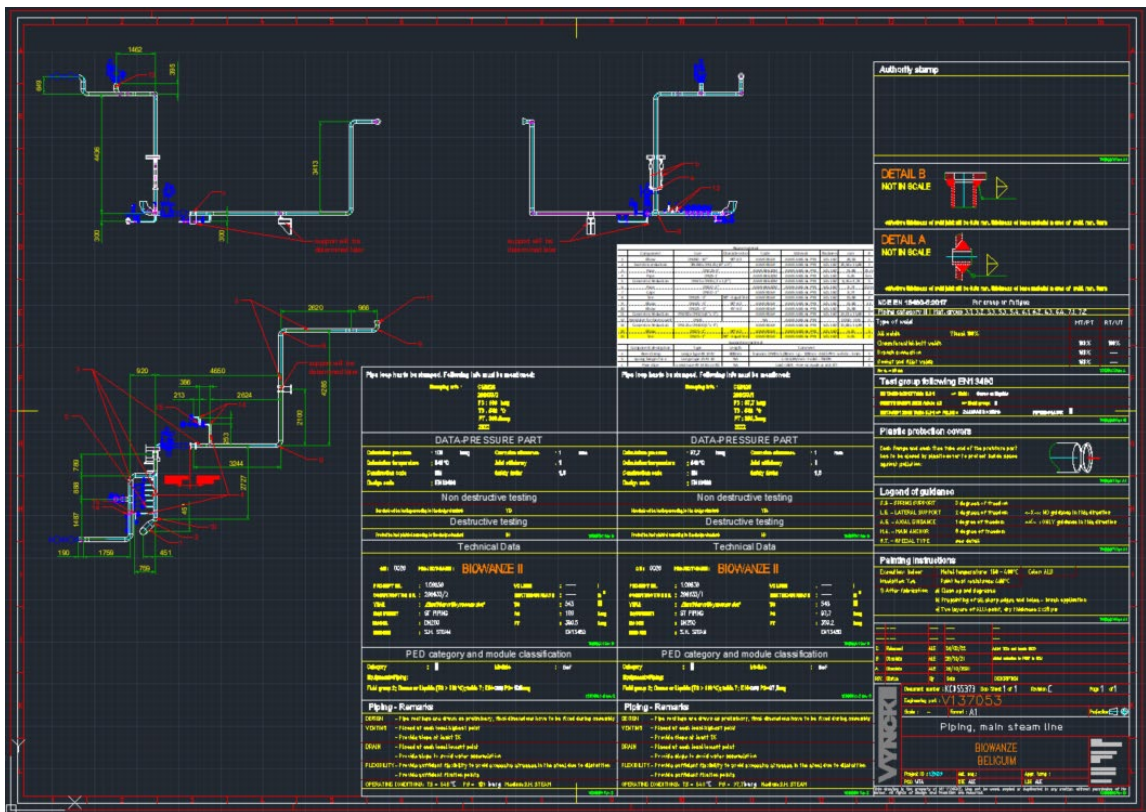


Figura 4.23 - Desenho do sistema de tubagem com informações de Desing (Vyncke NV).

REV	Pos.	Norm	Description	Size	Material	QTY (mm,pc.)	Type	Line no.	REF. Document no.	V code	System	Status	GROUP
365	0	10	ASPE B16.9	Elbow 5" SCH160	30-45065 - 139 7x15.88	ASPE A335 Gr P91	1	elbow	K055373		Piping		
366	0	8	ASPE B16.9	Tea 5" SCH160	Equal Tee 139 7x15.88	ASPE A335 Gr P91	2	tee	K055373		Piping		
367	0	7	ASPE B16.9	Cap 5" SCH160	60 3x6 7x	ASPE A335 Gr P91	2	cap	K055373		Piping		
368	0	2	ASPE B16.9	Isometric Reduction W/45°	175x125.88 to 139 7x15.88	ASPE A335 Gr P91	1	iso. tee	K055373		Piping		
369	0	12	---	weldolet DN15	0050 - 0025	ASPE A335 Gr P91	5	weldolet	K055373		Piping		
370	0	5	ASPE B36.10M	Concentric Reduction Flange	33 7x6.35 to 12.7x4.76	ASPE A335 Gr P91	5	con. red.	K055373		Piping		
371	0	11	ASPE B36.10M	Concentric Reduction Flange	126x123.01 to 139 7x15.88	ASPE A335 Gr P91	1	con. red.	K055373		Piping		
372	0	13	ASPE B36.10M	Concentric Reduction Flange	129 7x15.88 to 116 3x10.16	ASPE A335 Gr P91	1	con. red.	K055373		Piping		
373	0	1	EN 10216-5	Pipe DN15	113x4	X5CrNiMo-10	33000	tube	K055365		Piping		
374	0	2	EN 10216-5	Pipe DN10	17.5x4	X5CrNiMo-10	8000	tube	K055365		Piping		
375	0	3	EN 10233-4	Elbow DN15 90DEG	Type A-30-400EG-113x4	X5CrNiMo-10	19	elbow	K055369		Piping		
376	0	4	EN 10233-4	Elbow DN15 90DEG	Type A-30-400EG-113x4	X5CrNiMo-10	2	elbow	K055369		Piping		
377	0	5	EN 10233-4	RED DN15/10	Type A-C-213x14-17.5x4	X5CrNiMo-10	1	red	K055365		Piping		
378	0	6	EN 10921-1	WELDING NECK FLANGE DN15 PN160	Type 1181 DN15 PN160	X5CrNiMo-10	2	flange	K055365		Piping		
379	0	7	---	GLOBE VALVE DN15 PN120 BW	DN15 PN120 BW	---	1	instrument	K055365		Valves		
380	0	1	EN 10216-5	Pipe DN15	113x4	X5CrNiMo-10	37000	tube	K055365		Piping		
381	0	2	EN 10216-5	Pipe DN10	17.5x4	X5CrNiMo-10	1500	tube	K055365		Piping		
382	0	3	EN 10233-4	Elbow DN15 90DEG	Type A-30-400EG-113x4	X5CrNiMo-10	19	elbow	K055369		Piping		
383	0	4	EN 10233-4	Elbow DN15 90DEG	Type A-30-400EG-113x4	X5CrNiMo-10	2	elbow	K055369		Piping		
384	0	5	EN 10233-4	RED DN15/10	Type A-C-213x14-17.5x4	X5CrNiMo-10	1	red	K055365		Piping		
385	0	6	EN 10921-1	WELDING NECK FLANGE DN15 PN160	Type 1181 DN15 PN160	X5CrNiMo-10	2	flange	K055365		Piping		
386	0	7	---	GLOBE VALVE DN15 PN120 BW	DN15 PN120 BW	---	1	instrument	K055365		Valves		
387	0	8	---	GLOBE VALVE DN15 PN120 BW	DN15 PN120 BW	---	1	instrument	K055365		Valves		
388	0	1	EN 10216-5	Pipe DN15	113x16	X5CrNiMo-10	8000	tube	K055365		Piping		
389	0	2	EN 10216-5	Pipe DN10	17.5x16	X5CrNiMo-10	1700	tube	K055365		Piping		
390	0	3	EN 10233-4	Elbow DN15 90DEG	Type A-30-400EG-113x16	X5CrNiMo-10	7	elbow	K055369		Piping		
391	0	4	EN 10233-4	Elbow DN15 90DEG	Type A-30-400EG-113x16	X5CrNiMo-10	2	elbow	K055369		Piping		
392	0	5	EN 10233-4	RED DN15/10	Type A-C-213x16-17.5x16	X5CrNiMo-10	1	red	K055365		Piping		
393	0	6	EN 10921-1	WELDING NECK FLANGE DN15 PN160	Type 1181 DN15 PN160	X5CrNiMo-10	2	flange	K055365		Piping		
394	0	7	---	GLOBE VALVE DN15 PN120 BW	DN15 PN120 BW	---	1	instrument	K055365		Valves		
395	0	8	---	GLOBE VALVE DN15 PN120 BW	DN15 PN120 BW	---	1	instrument	K055365		Valves		
396	0	1	EN 10216-2	Pipe DN10	68 9x5.4	16Mo3	17x40	tube	K055369		SOOTBLOWER PIPING		
397	0	2	EN 10216-2	Pipe DN10	48 3x4.3	16Mo3	200	tube	K055369		SOOTBLOWER PIPING		
398	0	3	EN 10216-2	Pipe DN15	53 7x4	16Mo3	400	tube	K055369		SOOTBLOWER PIPING		
399	0	4	EN 10233-2	Elbow DN10 90DEG	Type A-30-400EG-68 9x5.4	16Mo3	7	elbow	K055369		SOOTBLOWER PIPING		
400	0	5	EN 10233-2	Elbow DN15 90DEG	Type A-30-400EG-53 7x4	16Mo3	1	elbow	K055369		SOOTBLOWER PIPING		
401	0	6	EN 10233-2	TEE DN10/10	Type B-88 9x5.4-88 9x5.4	16Mo3	1	tee	K055369		SOOTBLOWER PIPING		
402	0	7	EN 10233-2	TEE DN10/14	Type B-88 9x5.4-48 3x4.3	16Mo3	1	tee	K055369		SOOTBLOWER PIPING		
403	0	8	EN 10233-2	TEE DN15/25	Type B-33 7x4-33 7x4	16Mo3	1	tee	K055369		SOOTBLOWER PIPING		

Figura 4.24 - Material Take-Off referente ao projeto PCL21367.

Em paralelo, surgiram os desenhos de suportes e estruturas (Figura 4.25), nos quais se definiam, para cada linha de tubagem, os tipos de suporte — fixos, deslizantes ou de guia — os materiais e os respetivos tratamentos superficiais. Neste ponto, houve também lugar a uma análise de flexibilidade, essencial para acomodar dilatações térmicas e tensões em zonas críticas, bem como para indicar a eventual necessidade de juntas de expansão.

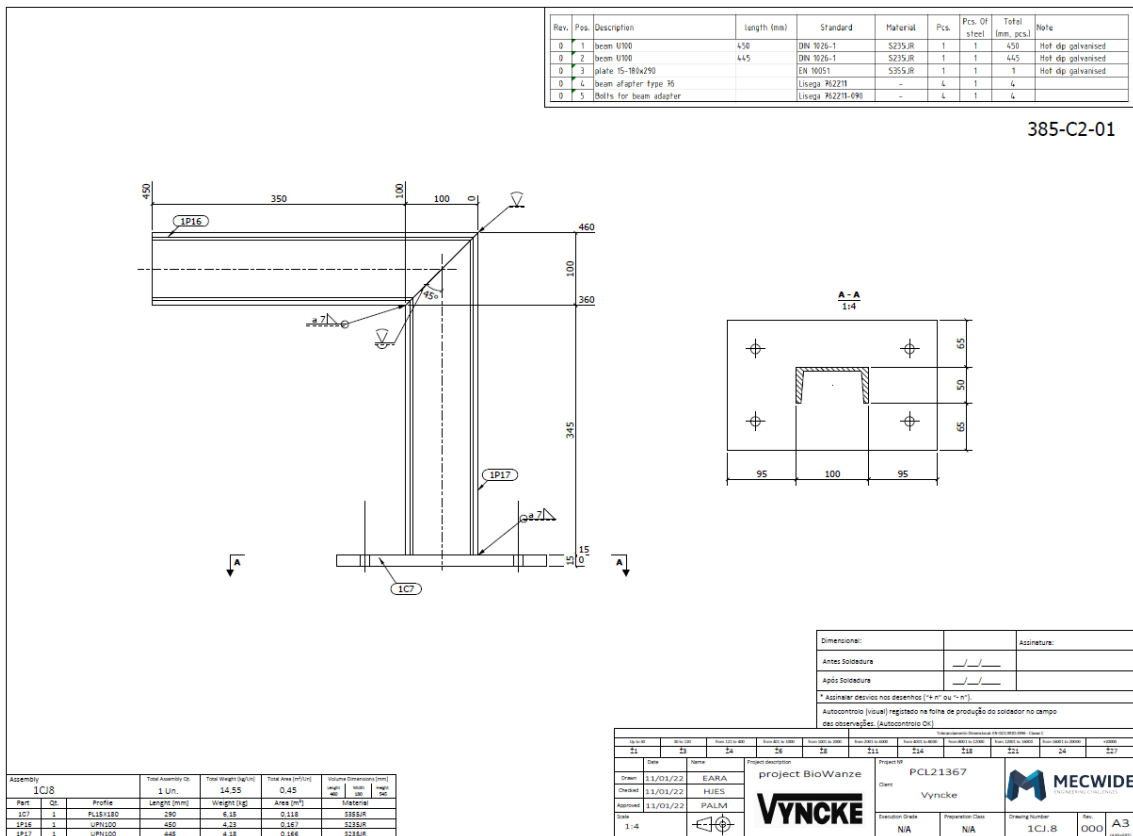


Figura 4.25 - Desenhos de suportes referentes ao projeto PCL21367.

Do ponto de vista da garantia da qualidade e inspeção, o pacote documental explicitava as normas de fabrico e as especificações técnicas a aplicar, mencionando níveis de NDTs e as percentagens de inspeção recomendadas (por exemplo, 100% de radiografia em soldaduras críticas). Adicionalmente, apresentava os critérios de aceitação alinhados com normas internacionais (como a ISO 5817, Nível B, para soldaduras de elevada integridade) e indicava a natureza dos ensaios de pressão a realizar (por exemplo, ensaio hidráulico), assegurando que o equipamento cumpriria os requisitos de segurança e desempenho.

Por fim, definiu-se o cronograma do projeto, estipulando datas de arranque da fase de fabricação, entrega de materiais e comissionamento, assim como os marcos contratuais relativos às submissões de documentos para aprovação, inspeções intermédias e outros pontos de controlo. Esta calendarização visou garantir não só o cumprimento dos prazos estabelecidos em contrato, mas também uma comunicação eficaz entre a Mecwide, a Vyncke NV e eventuais entidades inspetoras envolvidas no processo.

4.3.1.2 Revisão Documental

A fase de revisão documental constituiu um momento fundamental para garantir que todos os requisitos técnicos e normativos estavam devidamente identificados e alinhados com a capacidade produtiva da Mecwide. Nesse âmbito, a equipa técnica procedeu a uma análise pormenorizada dos documentos fornecidos, começando pela verificação da MTO. Esta verificação, ilustrada na Figura 4.26, permitiu confirmar as quantidades de materiais necessários e contemplar eventuais margens para desperdícios ou contingências, bem como aferir a disponibilidade desses materiais no mercado, tendo em conta os prazos de entrega e a eventual necessidade de encomendas especiais.

1	REV	Pos.	Norm	Description	Size	Diam.	Thick.	Material	Material Group	WPQR EN15614-1	Welding Process	Obs.
51	0	1	EN 10216-2	Pipe DN125	139,7x4	5"	4	P235GH TC1	1.1	16.L 07704	14.1	
52	0	2	EN 10216-2	Pipe DN25	33,7x2,6	1"	2,6	P235GH TC1	1.1	16.L 07702	14.1	
53	0	1	EN 10216-2	Pipe DN125	139,7x4	5"	4	P235GH TC1	1.1	16.L 07704	14.1	
54	0	2	EN 10216-2	Pipe DN100	114,3x3,6	4"	3,6	P235GH TC1	1.1	16.L 07704	14.1	
55	0	3	EN 10216-2	Pipe DN40	48,3x2,6	1 1/2"	2,6	P235GH TC1	1.1	16.L 07704	14.1	
56	0	1	EN 10216-2	Pipe DN125	139,7x4	5"	4	P235GH TC1	1.1	16.L 07704	14.1	
57	0	2	EN 10216-2	Pipe DN25	33,7x2,6	1"	2,6	P235GH TC1	1.1	16.L 07702	14.1	
58	0	1	EN 10216-2	Pipe DN125	139,7x4	5"	4	P235GH TC1	1.1	16.L 07704	14.1	
59	0	2	EN 10216-2	Pipe DN50	60,3x2,9	2"	2,9	P235GH TC1	1.1	16.L 07704	14.1	
60	0	3	EN 10216-2	Pipe DN25	33,7x2,6	1"	2,6	P235GH TC1	1.1	16.L 07702	14.1	
61	0	4	EN 10216-2	Pipe DN15	21,3x2	1/2"	2	P235GH TC1	1.1	16.L 07702	14.1	
62	B	1	EN 10216-2	Pipe DN50	60,3x2,9	2"	2,9	P235GH TC1	1.1	16.L 07704	14.1	
63	0	2	EN 10216-2	Pipe DN25	33,7x2,6	1"	2,6	P235GH TC1	1.1	16.L 07702	14.1	
64	0	3	ASME B36.10M	Pipe 5" SCH160	139,7x15,88	5"	15,88	ASME A335 Gr. P91	6.4	Qualificar Procedimento		(P91)
65	0	4	ASME B36.10M	Pipe 1" SCH160	33,7x6,35	1"	6,35	ASME A335 Gr. P91	6.4	Qualificar Procedimento		(P91)
66	0	6	ASME B36.10M	Pipe 2" SCH160	60,3x8,74	2"	8,74	ASME A335 Gr. P91	6.4	Qualificar Procedimento		(P91)
67	0	1	EN 10216-5	Pipe DN15	21,3x4	1/2"	4	X5CrNi18-10	8.1	13.L 02714	14.1	(304)
68	0	2	EN 10216-5	Pipe DN10	17,1x4	3/8"	4	X5CrNi18-10	8.1	13.L 02714	14.1	(304)
69	0	1	EN 10216-5	Pipe DN15	21,3x4	1/2"	4	X5CrNi18-10	8.1	13.L 02714	14.1	(304)
70	0	2	EN 10216-5	Pipe DN10	17,1x4	3/8"	4	X5CrNi18-10	8.1	13.L 02714	14.1	(304)
71	0	1	EN 10216-5	Pipe DN15	21,3x1,6	1/2"	1,6	X5CrNi18-10	8.1	13.L 02714	14.1	(304) ver limite de espessura
72	0	2	EN 10216-5	Pipe DN10	17,1x1,6	3/8"	1,6	X5CrNi18-10	8.1	13.L 02714	14.1	(304) ver limite de espessura
73	0	1	EN 10216-2	Pipe DN80	88,9x5,6	3"	5,6	16Mo3	1.2		14.1	ver nova qualificação
74	0	2	EN 10216-2	Pipe DN40	48,3x6,3	1 1/2"	6,3	16Mo3	1.2		14.1	ver nova qualificação
75	0	3	EN 10216-2	Pipe DN25	33,7x4	1"	4	16Mo3	1.2	17.L 00073	14.1	
76	0	1	EN 10216-2	Pipe DN80	88,9x5,6	3"	5,6	16Mo3	1.2		14.1	ver nova qualificação
77	0	1	EN 10216-2	Pipe DN80	88,9x5,6	3"	5,6	16Mo3	1.2		14.1	ver nova qualificação
78	0	2	EN 10216-2	Pipe DN25	33,7x4	1"	4	16Mo3	1.2	17.L 00073	14.1	
79	0	3	EN 10216-2	Pipe DN50	60,3x4	2"	4	16Mo3	1.2		14.1	ver nova qualificação
80	0	1	EN 10216-2	Pipe DN200	219,1x12,5	8"	12,5	X10CrMoVNB9-1	6.4	Qualificar Procedimento		(P91)
81	0	2	EN 10216-2	Pipe DN80	88,9x8,8	3"	8,8	X10CrMoVNB9-1	6.4	Qualificar Procedimento		(P91)
82	0	3	EN 10216-2	Pipe DN50	60,3x5,6	2"	5,6	X10CrMoVNB9-1	6.4	Qualificar Procedimento		(P91)

Figura 4.26 - Análise de materiais e dimensões versus portefólio de WPQRs.

Ao mesmo tempo, foi avaliada a compatibilidade de materiais e a eventual necessidade de novas qualificações de soldadura, especialmente para os pontos de transição entre ligas distintas, como os aços P235GH e 10CrMo9-10 (P22) ou mesmo P91. Em situações que envolvem soldaduras dissimilares, podem ser utilizados pequenos excertos de transição (*transition pipes* ou *inserts*), a fim de otimizar a união e mitigar problemas de fissuração e diferenças térmicas ao longo da junta. Quando os materiais ou combinações especificadas não se encontravam previamente qualificadas no portefólio de WPS/WPQR da Mecwide, tornava-se necessário desenvolver procedimentos adicionais[27]. Nestas situações, era definido um conjunto de Ensaios Destrutivos (por exemplo, tração, dobragem e dureza) e NDTs para comprovar a adequação dos novos procedimentos, em conformidade com normas como a EN ISO 15614-1 e a EN 13480-4 [7, 27].

Outra vertente crítica da revisão documental envolveu a definição dos tratamentos térmicos a aplicar, incluindo pré-aquecimento e PWHT. De acordo com a Tabela 9.14.1-1 da EN 13480-4:2017 (Tabela 4.1), especificam-se as temperaturas e os tempos de tratamento adequados ao tipo de material em causa, assegurando que as propriedades mecânicas e metalúrgicas das ligas são preservadas ou aperfeiçoadas [7]. Nesse sentido, foi igualmente identificada a necessidade de equipamentos especiais para aquecimento, como resistências elétricas e termopares acoplados a registadores de temperatura, bem como de parcerias com empresas qualificadas para a execução de PWHT em aços de elevada liga.

Tabela 4.1 – Dados técnicos para tratamento térmico proveniente da EN 13480-4:2017.

Material Group ^a	Material	Post-weld heat treatment		
		Controlling Thickness <i>w</i> mm	Holding time minutes	Temperature °C
1.1 1.2	Non-alloy steel with $R_{eH} \leq 360$ MPa (N/mm ²)	< 35 ^b 35 to 90	30 w, minimum 60	550 to 600 ^c
1.3	Normalised fine grained steels with 360 MPa (N/mm ²) < $R_{eH} \leq 460$ MPa (N/mm ²)			550 to 600 ^b
3.1	QT steel with 360 MPa (N/mm ²) < $R_{eH} \leq 690$ MPa (N/mm ²)	< 15 15 to 60 > 60	30 2w, minimum 60 60 + w	550 to 620 ^{b,d}
4	Low vanadium Cr-Mo-(Ni)-steel with $Mo \leq 0,7$ % and $V \leq 0,1$ %	< 20 20 to 90 > 90	30 w, minimum 60 40 + w	550 to 620
5.1	Cr-Mo-steel with $0,75$ % < $Cr \leq 1,5$ % and free of vanadium (e.g. 13CrMo4-5)	< 15	2w, minimum 15	630 to 700 ^e
5.2	Cr-Mo-steel with $1,5$ % < $Cr \leq 3,5$ % and free of vanadium (e.g. 10CrMo9-10)	15 to 60 > 60	2w 60 + w	670 to 730 ^e
5.3	Cr-Mo-steel with $3,5$ % < $Cr \leq 7,0$ % and free of vanadium (e.g. X16CrMo5-1)	All	2w, minimum 60	700 to 750
5.4	Cr-Mo-steel with $7,0$ % < $Cr \leq 10$ % and free of vanadium (e.g. X10CrMo9-1)	< 12 12 to 60 > 60	30 2,5w, minimum 60 90 + w	730 to 780
6.1	High vanadium Cr-Mo-(Ni)-steel with $0,3$ % < $Cr \leq 0,75$ % (e.g. 14MoV6-3)	< 12 12 to 60 > 60	30 2,5w, minimum 60 90 + w	690 to 730
6.2	High vanadium Cr-Mo-(Ni)-steel with $0,75$ % < $Cr \leq 3,5$ % (e.g. 15CrMoV5-10)			710 to 740
6.4	High vanadium Cr-Mo-(Ni)-steel with $7,0$ % < $Cr \leq 12,5$ % (e.g. X20CrMoV11-1, X10CrMoVNb9-1)			730 to 770 ^f
9.1 9.2	Steel with maximum 8 % Nickel	< 20 ^b 20 < 35 ^b 35 to 90 > 90	30 minimum 60 w, minimum 60 40 + 0,5w	530 to 580

^a Materials not covered by this table require individual consideration.

^b For these thicknesses PWHT is only necessary in special cases (e.g. stress corrosion, hydrogen embrittlement, low temperatures).

^c For material 16Mo3 the temperature should be 550 °C to 620 °C.

^d Quenched and tempered steels should be given a PWHT at a temperature not exceeding 20 °C lower than the tempering temperature.

^e PWHT may not be necessary for dimension $d_s \leq 114,3$ mm and $w \leq 7,1$ mm, when the preheat temperature is 200 °C or above and the service does not require PWHT.

^f Intermediate cooling of the weld before PWHT shall be added to produce transformation into martensite.

Além disso, a análise dos desenhos isométricos (Figura 4.27) possibilitou verificar a orientação correta das tubagens, a existência de potencial sobreposição ou interferência entre linhas e a identificação de juntas com requisitos específicos, como acessos restritos.

Em conjunto, estes procedimentos de revisão documental forneceram à equipa técnica as diretrizes necessárias para elaborar um plano de execução sólido, compatível com os padrões de qualidade e segurança exigidos pela Vyncke NV e pelas normas internacionais aplicáveis.

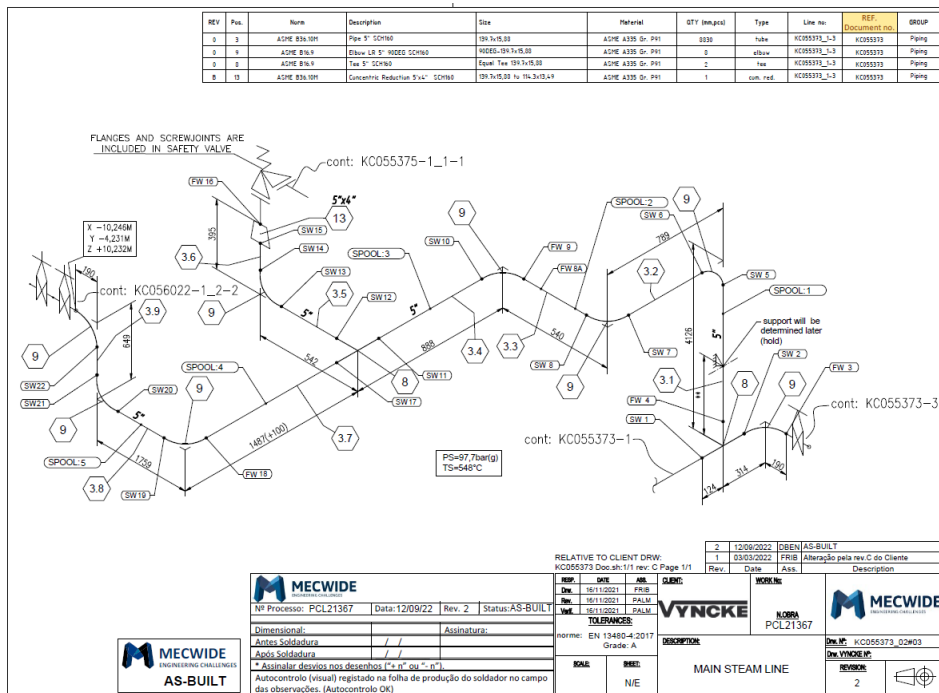


Figura 4.27 - Estudo de isométricos para análise de tipologia de junta e materiais envolvidos.

4.3.1.3 Garantia da Qualidade – Emissão de Documentos

A fase de elaboração e emissão de documentação de garantia da qualidade constituiu um passo determinante para assegurar a correta execução do projeto PCL21367, em alinhamento com as normas aplicáveis e as exigências contratuais estabelecidas pela Vyncke NV. Um dos principais documentos produzidos foi o PQP, o qual explicita as diretrizes e compromissos da Mecwide em relação à satisfação do cliente e à manutenção de elevados padrões de qualidade. Este documento contemplou, de forma pormenorizada, a estrutura da equipa do projeto, indicando as funções de gestores, engenheiros, inspetores e demais colaboradores envolvidos, bem como a lista dos procedimentos em vigor, os fluxos de trabalho definidos e as metodologias de comunicação interna e externa [26].

Para tornar operacional o planeamento da qualidade, a equipa elaborou os ITPs, onde se identificaram as atividades críticas que requeriam pontos de controlo específicos. Como se pode observar no ITP ilustrado na Figura 4.28, ficaram definidos os procedimentos a adotar na receção de materiais (com inspeção de 100% dos lotes), a verificação dimensional e de alinhamento durante a preparação e montagem, o acompanhamento dos parâmetros de soldadura e as inspeções intermédias, além do controlo dos tratamentos térmicos (que envolveu a supervisão das curvas de

temperatura e a confirmação da conformidade dos tempos e faixas de aquecimento). Estes ITPs também englobaram a calendarização dos NDTs e a atribuição de responsabilidades entre a Mecwide, o cliente e o organismo inspetor, determinando pontos de aprovação obrigatória que garantiram uma verificação rigorosa em cada etapa [2, 4].


		INSPECTION AND TEST PLAN N.º 01/PCL21367										Job N.º: PCL21367 Rev.: 0 Date : 2022-02-03		
CLIENT: Vyncke NV (BE)				Project no: 1.09839				Project: BE Pack 1 Piping Blowanze						
Item N.º	Inspection & Test Activity	Responsability	Reference Documents	Acceptance Criteria	Verifying Document	MECWISE SURVEILLANCE		3rd Party SURVEILLANCE (Responsability MECWIDE)		VYNCKE SURVEILLANCE		OTHERS SURVEILLANCE		REMARKS
						INSPECTION TYPE	SIGN & DATE	INSPECTION TYPE	SIGN & DATE	INSPECTION TYPE	SIGN & DATE	INSPECTION TYPE	SIGN & DATE	
8.2.1	Surface Testing Magnetic Particles Examination See Annex A	MECWISE (3rd Party responsibility)	ISO 17638	(ISO 5817:2014 Level C) ISO 23278 Level 2X	According to Drawings, NDT Report, Manuf. Record Book	H/V		I/R		W				
8.2.2	Volumetric Testing Radiographic (Gamma Ray) Examination See Annex A	MECWISE (3rd Party responsibility)	ISO 17636-1 Level B	(ISO 5817:2014 Level C) ISO 10675-1 Level 2	According to Drawings, NDT Report, Manuf. Record Book	H/V		I/R		W				
8.3	Service Condition - Creep or Fatigue	VYNCKE	Drawings EN 13480-6:2017 Table B.4.2.1	---	---	---		---						
8.3.1	Surface Testing Magnetic Particles Examination See Annex A	MECWISE (3rd Party responsibility)	ISO 17638	(ISO 5817:2014 Level B) ISO 23278 Level 2X	According to Drawings, NDT Report, Manuf. Record Book	H/V		I/R		W				
8.3.2	Volumetric Testing Radiographic (Gamma Ray) Examination See Annex A	MECWISE (3rd Party responsibility)	ISO 17636-1 Level B	(ISO 5817:2014 Level B) ISO 10675-1 Level 1	According to Drawings, NDT Report, Manuf. Record Book	H/V		I/R		W				

Figura 4.28 - Plano de Inspeções e Ensaios (ITP) - PCL21367.

Em simultâneo, foi elaborado um conjunto de Cadernos de Soldadura (Welding Books), exemplificados na Figura 4.29, que reúne todas as Especificações de Procedimentos de Soldadura (WPS) e os respetivos Registos de Qualificação (WPQR). Esses documentos descrevem, de forma sistematizada, as gamas de materiais, os processos e as posições de soldadura aprovados para aplicação no projeto[36]. Paralelamente, foram registados os certificados de qualificação dos soldadores, demonstrando a conformidade dos profissionais face aos requisitos estabelecidos para os processos e ligas em uso. Também se disponibilizaram modelos de registos de qualidade destinados a garantir a rastreabilidade dos consumíveis e dos materiais aplicados em cada junta soldada.

A qualificação dos soldadores, em particular, exigiu uma atenção reforçada no que respeita à soldadura de aços ligados como o P91. A norma ISO 9606-1 estipula que, para efetuar soldaduras neste tipo de material, é imperativa uma habilitação específica que recorra a um material de adição integrado na categoria FM4, contemplando aços com teores de cromo na faixa entre 3,75% e 12% [28]. No caso do P91, com aproximadamente 9% de Cr, inseria-se nessa categoria, conforme apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Grupos de material de adição, proveniente da ISO 9606-1:2012.

Group	Filler material for welding of	Examples of applicable standards
FM1	Non-alloy and fine grain steels	ISO 2560,[2] ISO 14341,[8] ISO 636,[1] ISO 14171,[6] ISO 17632[14]
FM2	High-strength steels	ISO 18275,[21] ISO 16834,[13] ISO 26304,[25] ISO 18276[22]
FM3	Creep-resisting steels Cr < 3,75 %	ISO 3580,[3] ISO 21952,[23] ISO 24598,[24] ISO 17634[16]
FM4	Creep-resisting steels 3,75 ≤ Cr ≤ 12 %	ISO 3580,[3] ISO 21952,[23] ISO 24598,[24] ISO 17634[16]
FM5	Stainless and heat-resisting steels	ISO 3581,[4] ISO 14343,[9] ISO 17633[15]
FM6	Nickel and nickel alloys	ISO 14172,[7] ISO 18274[20]

M MECWIDE		Especificação de Procedimento de Soldadura (EPS) Welding Procedure Specification (WPS)						Projeto nº (Project nº)		PCL21367				
Cliente: (Client)		Vyncke NV (BE)						Data (Date)		13-09-2022				
Projeto: (Project)		PCL21367 - BE Pack 1 Piping Blowdown												
EPS nº WPS nº	Revisão Revision	Procedimento Procedure	Código Code	Metal de Base Base Metal	Metal de Adição Filler Metal	Ø		Espessura (mm) Thickness (mm)		Processo de Soldadura Welding Process	Gás de Proteção Shielding Gas	Tipo de Junta Type of Joint	Posição Position	Detalhes da Soldadura Welding Detail
						Mín.	Máx.	Mín.	Máx.					
0101367	00	PRT-19-800109	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	ISO / TR 15008 - 1.1 / 1.2	(Magall) T308 T 46 6 M M2 1 HS	NA	NA	2,5	-----	138	EN ISO 14341: II	FW	Talão Ascendentes (All Up)	ss
0201367	00	PRT-19-800178 Rev. 02	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	ISO / TR 15008 - 1.1 / 1.2	(EUROTRIO EN 18 VAC) E42 4 BA 2HS	NA	NA	2,5	-----	111	-----	FW	Talão Ascendentes (All Up)	ss
0301367	01	16.L.0702	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.1 / 1.2 (Y3 -G55) P230Gn / P245Gn / P250Gn	(OK Tigrad 12.94) W 45n1	DN 10 (17,5mm)	DN 80 (80,3mm)	1,8	4	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss
0401367	00	16.L.0704	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.1 / 1.2 (Y3 -G55) P230Gn / P245Gn / P250Gn	(OK Tigrad 12.94) W 45n1	DN 40 (48,3mm)	DN 125 (130,7mm)	3,2	8,8	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss
0501367	01	PRT-22-800108	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.1 / 1.2 (Y3 -G55) P230Gn / P245Gn / P250Gn	(OK Tigrad 12.94) W 45n1	DN 15 (21,3mm)	DN 25 (33,7mm)	5,0	5,0	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss
0601367	00	16.L.0703	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.1 / 1.2 (Y3 -G55) P230Gn / P245Gn / P250Gn	(OK Tigrad 12.94) W 45n1 (EUROTRIO BA 18) E42 4 BA 2HS	DN 80 (88,9mm)	DN 200 (219,1mm)	6,3	12,5	141 111	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss
0701367	00	17.L.00073	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.2 19Mn3	(Eurorod TMA) W 26n0	DN 15 (21,3mm)	DN 25 (33,7mm)	2,0	4	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss
0801367	02	PRT-22-800128	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.2 19Mn3	(Eurorod TMA) W 26n0	DN 40 (48,3mm)	DN 150 (154,3mm)	3,0	6,3	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss
0901367	00	13.L.02714	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 8.1 13CrNi9-10	(Eurorod T096L) 19 9 L	DN 10 (17,5mm)	50" (1270mm)	1,0	4	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb
1001367	01	PRT-22-800109	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 5.2 19CrNi9-10	(OK Tigrad 13.22) W CMA225	DN 15 (21,3mm)	DN 250 (273,1mm)	4	6,3	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb PWH7
1101367	01	PRT-22-800114	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 6.4 X10CrNiNb-1	(OK Tigrad 13.38) W CMA81	DN 25 (33,7mm)	DN 80 (88,9mm)	4,5	6,0	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb PWH7
1201367	01	PRT-22-800112	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 6.4 X10CrNiNb-1	(OK Tigrad 13.38) W CMA81 (OK 78.56) (E CMA81 B 42 HS)	DN 125 (130,7mm)	DN 200 (219,1mm)	12,5	15,88	141 111	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb PWH7
1301367	00	16.L.0702	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.1 / 1.2 (Y3 -G55) P230Gn / P245Gn / P250Gn	(OK Tigrad 12.94) W 45n1	See Drawings Branch Connection				141	EN ISO 14341: II	BC	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss
1401367	00	17.L.00073	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.2 19Mn3	(Eurorod TMA) W 26n0	See Drawings Branch Connection				141	EN ISO 14341: II	BC	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss
1501367	00	13.L.02714	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 8.1 13CrNi9-10	(Eurorod T096L) 19 9 L	See Drawings Branch Connection				141	EN ISO 14341: II	BC	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb
1601367	01	PRT-22-800109	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 5.2 19CrNi9-10	(OK Tigrad 13.22) W CMA225	See Drawings Branch Connection				141	EN ISO 14341: II	BC	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb PWH7
1701367	01	PRT-22-800114	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 6.4 X10CrNiNb-1	(OK Tigrad 13.38) W CMA81	See Drawings Branch Connection				141	EN ISO 14341: II	BC	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb PWH7
1801367	01	PRT-22-800109	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 5.2 19CrNi9-10 Material Group 8.1 13CrNi9-10 / 17CrNi9-5	(OK Tigrad 13.22) W CMA225	DN 125 (130,7mm)	DN 200 (219,1mm)	12,5	15,88	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb PWH7
1901367	01	529.000723.05-002	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 1.2 19Mn3 Material Group 5	(Eurorod TMA) W 26n0	DN 15 (21,3mm)	DN 80 (88,9mm)	3	6,3	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss ss PWH7
2001367	01	PRT-22-800114	EN ISO 15814-1:2017-Level 2	Material Group 6.4 X10CrNiNb-1 Material Group 5.2 19CrNi9-10	(OK Tigrad 13.38) W CMA81	DN 125 (130,7mm)	DN 200 (219,1mm)	12,5	15,88	141	EN ISO 14341: II	BW	Talão Ascendentes (All Up)	ss gb PWH7

Tipo de Junta (Type of Joint)	Processo de Soldadura (Welding Process)	Condição de Soldadura (Welding Beem)	Tipo de Soldadura (Type of Weld)	Posição de Soldadura (Welding Position)	Outros (Others)
BW: Topo a Topo (Butt Welding)	135; 136; 138; - (Semi-automático) 141; - (Manual)	ss: Mono camada (Single layer) (1 passe)	nb: Sem junta de suporte (welding with no material backing)	PA: Ao Bordo (Flat)	PF: Vertical Ascendente (Vertical Up) S/R: Sem restrições (without restrictions)
FW: De Canto (Fillet Welding)	135; 136; 138; - (Semi-automático) 141; - (Manual)	ms: Multi camada (Multi layer) (>1 passes)	mb: Com junta de suporte (material backing)	PB: Horizontal (Horizontal)	PQ: Vertical Descendente (Vertical Down) Todas (All)
Pingagem (Tack-Weld)			sa: Soldadura por um só lado (single side welding)	PC: Horizontal (Horizontal)	R-L045: Com ângulo de 45° - Sentido Ascendente NA: Não Aplicável (not applicable)
BC: Pingagem (Branch Connection)			bs: Soldadura dos dois lados (welding from both sides)	PD: Tecto Horizontal (Overhead Horizontal)	J-L045: Com ângulo de 45° - Sentido Descendente MW: Aborim Site Applicable
			gb: Com Gás de Purga (gas backing)	PE: Tecto (Overhead)	

MECWIDE
(Quality Control)


Ramiro Viana (Welding)

13/09/2022

Figura 4.29 - Caderno de Soldadura - PCL21367.


Além dos cadernos de soldadura, a Mecwide desenvolveu um conjunto de procedimentos específicos, abrangendo áreas críticas como os tratamentos térmicos.

Nesse âmbito, o Procedimento de Tratamentos Térmicos ilustrado na Figura 4.30 descreveu pormenores sobre o método de aquecimento (tipo de equipamento, posicionamento de resistências e termopares) e as curvas de aquecimento e arrefecimento (taxas máximas e mínimas, temperaturas de patamar e tempos de manutenção), complementados com a Tabela 4.3, na qual se encontram os parâmetros exatos a aplicar. Este documento incluiu ainda orientações para o controlo e registo dos tratamentos térmicos, especificando a forma de monitorizar as temperaturas através de registos gráficos, a identificação de desvios eventuais e a comunicação das ações corretivas sempre que necessário [5].



Heat Treatment Procedure
Doc.Ref.: 22/PH-PWHT.TRAT/MCW32

Edição: 0 06/03/2022
Revisão: 1 29/03/2022



"Project: Preheating and Postweld Heat Treatment (PWHT) of welds in 10CrMo9-10 and X10CrMoVNb9-1"

Documents Management


Control and communication

Holders	Mode	Date	Signature

Revision update

Page	Nº de Revision	Date
2	Table 1 – Dissimilar welds	29/06/2022
5	Table 2 – Range of diameters	29/06/2022
6	Table 3 and 4 – material and thermal cycle	29/06/2022

Elaboration



Approval

(Fábio André Ribeiro – PT/IWE/137)


Figura 4.30 - Procedimento de Tratamentos Térmicos (Traterme).

Tabela 4.3 - Tabela 1 de Parâmetros de Tratamento Térmico (Traterme).

Diameter (mm)	Thickness (mm)	Material	Preheating (°C)	Interpass Temperature (°C)	Postheating (°C)	TTAS
≤33,7	≤6,35	10CrMo9-10	150	300	No	Yes
168,3	≤11,0		150	300	No	Yes
219,1	6,3		150	300	No	Yes
273,0	12,5		150	300	No	Yes
≤33,7	≤6,35	X10CrMoVNb9-1	200	300	No	Yes
60,3	5,6		200	300	No	Yes
88,9	8,8		200	300	No	Yes
139,7	15,88		200	300	No	Yes
219,1	12,5		200	300	N	Yes
≤88,9	≤10	13CrMo4-5 to 16Mo3	150	300	No	Yes
≤88,9	≤10	13CrMo4-5 to 10CrMo9-10	150	300	No	Yes
≤219,1	≤13	10CrMo9-10 to X10CrMoVNb9-1	200	300	Yes	Yes

Foram igualmente produzidos procedimentos de NDTs, nos quais se definiram os métodos a utilizar, como RT, UT ou PT, bem como os critérios de aceitação e a calibração dos equipamentos envolvidos.

No que respeita aos ensaios de pressão, a Especificação de Ensaio Hidráulico, (Figura 4.31), indicava os documentos a reunir antes do início do teste, as taxas de subida de pressão e o intervalo de tempo a respeitar em cada patamar, conforme ilustrado no gráfico de pressurização na Figura 4.32. Nesta figura mostra-se a variação da pressão em função do tempo (minutos) para assegurar que não ocorria nenhuma fuga ou deformação no sistema.

	Technical Instruction Pressure Test PCL21367	Processo/Obra nº. 21367	
		Revisão: 00	Data: 03-08-2022
Cliente (Client): VYTIČKE NV (s.r.o.)		Ref. * Cliente (client ref.):	
Objecto (subject): Pack 1 - Piping Biowanze			

ESPECIFICAÇÃO DE ENSAIO DE PRESSÃO
PRESSURE TEST PROCEDURE

Elaborado por: <small>(Prepared by QM/QC)</small> Nome: <small>(Name)</small> Bernardo Viana De Oliveira Assinatura: <small>(Signature)</small>  Data: 03-08-2022 <small>(Date)</small>	Aprovado por: <small>(Approved by Project Manager)</small> Nome: <small>(Name)</small> Filipe Gonçalves Assinatura: <small>(Signature)</small>  Data: 05-08-2022 <small>(Date)</small>	Aprovado por: <small>(Approved by Quality Depart. Manager)</small> Nome: <small>(Name)</small> Diogo Brito e Cunha Assinatura: <small>(Signature)</small>  Data: 04-08-2022 <small>(Date)</small>	Aprovado pelo Cliente: <small>(Approved by Client)</small> Nome: <small>(Name)</small> ARNE VAN NUCKE Assinatura: <small>(Signature)</small>  Data: 31/08/22 <small>(Date)</small>
---	--	---	---

Figura 4.31 - Especificação de Ensaio de Pressão.

O ensaio hidrostático consiste em verificar a integridade e resistência de sistemas de tubagem através da aplicação de pressão interna com água (desmineralizada ou de consumo), normalmente a 1,5 vezes a pressão de projeto, durante um período especificado (por exemplo, 30 minutos). Esta operação visa detetar eventuais fugas ou sinais de deformação plástica, confirmando se a tubagem, soldaduras e restantes componentes satisfazem os requisitos.

A preparação deste teste implica a selagem de aberturas com meios adequados (flanges cegas ou tampões), a remoção de equipamentos sensíveis, a calibração de manómetros e a implementação de procedimentos que assegurem uma elevação gradual de pressão, normalmente em etapas de 50% e subseqüentes incrementos de 10% da pressão de ensaio. Ao atingir o valor de teste, a pressão é mantida por pelo menos 30 minutos, enquanto se inspecionam visualmente as soldaduras e demais ligações para verificar a ausência de fugas ou deformações permanentes. Devem ser tomadas precauções adicionais para fluidos acima de 7 barg e para equipamentos sujeitos a diferenças de temperatura (exposição solar ou baixas temperaturas). Caso sejam detetadas não conformidades, procede-se à reparação e a um novo ensaio nas mesmas condições.

Após o ensaio, a tubagem é despressurizada suavemente e drenada, podendo requerer secagem ou limpeza adicional dependendo do tipo de fluido de serviço. Os resultados e certificados de calibração dos manómetros são registados para inclusão no dossier final do teste.

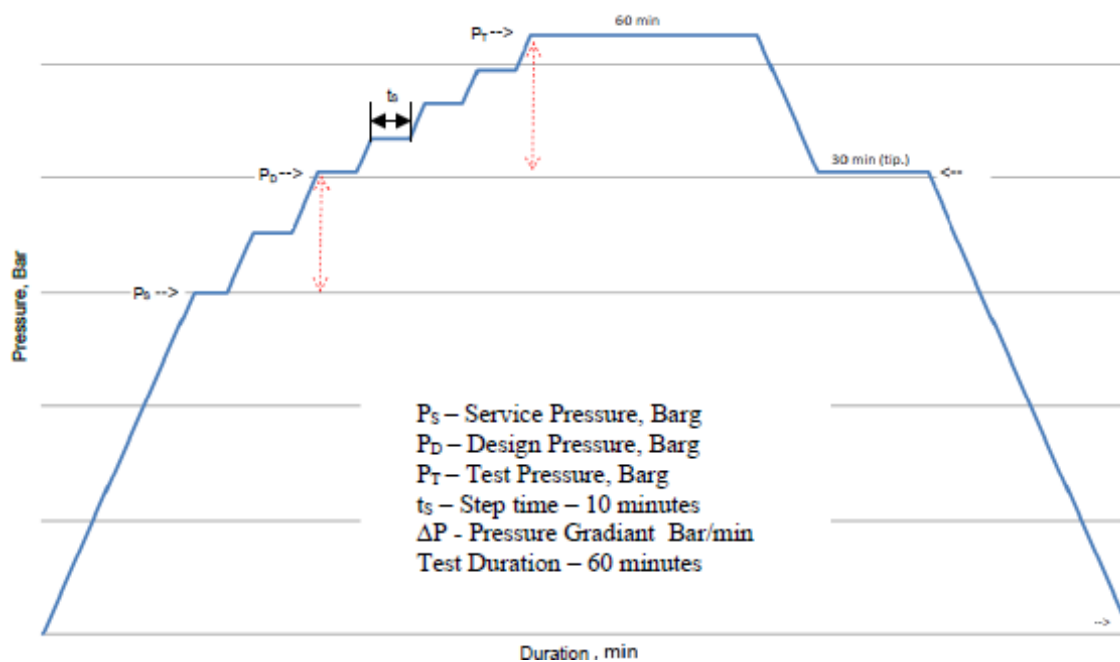


Figura 4.32 – Gráfico de pressurização (Pressão [Barg] em função do Tempo [minutos]).

A adoção organizada de todos estes documentos — PQP, ITPs, Cadernos de Soldadura e procedimentos específicos — foi essencial para sustentar os processos de fabricação e montagem, garantindo que cada etapa estivesse em conformidade com os objetivos de qualidade, segurança e desempenho estabelecidos no âmbito do projeto PCL21367.

4.3.1.4 Controlo de Qualidade

O controlo de qualidade manteve-se como um dos pilares fundamentais do projeto PCL21367, em cumprimento das normas técnicas aplicáveis, com particular ênfase na EN 13480. Para verificar a integridade das soldaduras e a conformidade dos processos, implementaram-se vários NDTs, incluindo métodos volumétricos (RT ou UT) e superficiais (MT), assim como inspeções visuais e verificações dimensionais [4]. A abordagem adotada visou assegurar que todas as juntas soldadas respeitavam os requisitos de fiabilidade e segurança impostos pela Vyncke NV e pelos referenciais normativos pertinentes.

4.3.1.4.1 Controlo de Materiais e Rastreabilidade

A rastreabilidade dos materiais e das operações de fabrico foi garantida através de um sistema de etiquetagem e marcação, associando um código único a cada componente ou consumível. Em paralelo, o documento Q27 reuniu todos os dados críticos relacionados com a soldadura, nomeadamente o número da junta, o soldador responsável, os WPSs, os resultados dos NDTs e as eventuais ações corretivas desencadeadas. Esse registo abrangia ainda parâmetros de pré-aquecimento, PWHT e medições de dureza (HT – *Hardness Testing*), permitindo a monitorização contínua do processo e a gestão de quaisquer não conformidades [1, 2].

4.3.1.4.2 Coordenação de Ensaios e Tratamentos Térmicos

Uma das imposições específicas da Vyncke para este projeto consistiu na realização de ensaios volumétricos (RT ou UT) e superficiais (MT) antes e depois do PWHT. Esta exigência elevou significativamente a complexidade do planeamento, na medida em que toda a sequência de fabrico e inspeção necessitava de ser concertada entre a Mecwide, o subcontratado de NDTs e o subcontratado de tratamentos térmicos.

Em termos práticos, logo que cada junta soldada era concluída, tornava-se essencial agendar de imediato a inspeção por NDTs, de modo a garantir que a qualidade da junta se encontrava conforme antes de avançar com o PWHT. Na eventualidade de se detetarem imperfeições, era necessário proceder às correções e reinspecionar a soldadura, antes de autorizar a montagem das resistências e termopares para execução do PWHT.

A duração e a sequência desta etapa dependiam, por um lado, dos tempos de aquecimento, patamar e arrefecimento requeridos para a liga de aço em causa e, por outro lado, da disponibilidade das equipas especializadas em tratamento térmico. Logo após o término do PWHT, procedia-se a uma segunda ronda de NDTs (ensaios volumétricos e/ou superficiais) para confirmar a inexistência de fissurações ou outros






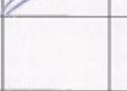
defeitos induzidos pelas alterações metalúrgicas decorrentes do processo de aquecimento. Somente depois de concluída esta verificação final, a junta era considerada apta para prosseguir na linha de fabrico e/ou ser enviada para a obra. Esta dinâmica de “inspeção–tratamento–inspeção” exigiu uma gestão de projeto rigorosa e a elaboração de um planeamento partilhado, de modo a evitar atrasos no cronograma e a assegurar que nenhuma fase ficava pendente por falta de coordenação [3, 6]. Além da comunicação interna, foi crucial manter os subcontratados informados sobre a progressão das atividades de soldadura e as necessidades de ensaio, bem como sobre eventuais desvios que pudessem surgir. Desta forma, as equipas conseguiam alinhar as disponibilidades e deslocações, garantindo a execução dos trabalhos dentro dos prazos contratuais, sem comprometer a qualidade das juntas soldadas e, conseqüentemente, a segurança geral da instalação.

4.3.1.4.3 Execução dos Ensaios Não Destrutivos (NDTs)

No decurso do projeto PCL21367, a execução dos NDTs envolveu um planeamento rigoroso, de forma a minimizar as interferências com outras atividades de fabrico e montagem. A radiografia industrial (RT) foi sequenciada de modo a evitar sobreposições com trabalhos adjacentes, enquanto métodos como UT, MT e PT exigiram a limpeza prévia das superfícies, removendo possíveis contaminantes responsáveis por comprometer a eficácia do ensaio [30, 32, 37].

Para organizar e formalizar cada solicitação de ensaios, a Mecwide faz uso do documento Q113 – Pedido de Ensaios Não Destrutivos, ilustrado na Figura 4.33. Neste formulário, especificam-se o tipo de ensaio requerido, os elementos a inspecionar, as condições operacionais e o critério de aceitação [33, 38]. Além de assegurar que todos os pedidos ficam registados e rastreados — desde a data de solicitação até à emissão dos relatórios finais — o Q113 promove a comunicação efetiva entre o departamento de qualidade da Mecwide e as entidades subcontratadas responsáveis pelos ensaios.

CND / NDE			
CONTROLO NÃO DESTRUTIVO / NON DESTRUCTIVE EXAMINATION			
Ent. Inspetora (Inspection ent.): RINAVE		CND Nº: PCL21367_MT007	
Data (Date): 04.05.2022	Hora: 14:00	Local: Mecwide - Sines	
Nº de Obra (Work Nº): PCL21367 - Vyncke NV (BE)			
Designação (Designation): BE Pack 1 Piping Blowanze			
Tipo/Ensaio (Nº): Magnetic Particles		Critério de Aceitação (Acceptance criteria): (ISO 5817:2014 Level B) ISO 23278 Level 2X	

Nº	Isométrico Isometric	Folha Sheet	Soldadura Nº Weld Nº	Ø / Espessura Ø / Thickness	Sigla Stamp	Processo Process	Material	Decisão/Obs. Decision/Obs.	Obs.
01	KC055431-1	01#02	SW 20 TT	DN150 (168,3 x 17,5/11 mm)	S29	141 111	X10CrMoV Nb9-1		
02	KC055431-1	01#02	SW 24 TT	DN200 (219,1 x 17,5/12,5 mm)	S29	141 111	X10CrMoV Nb9-1		
03	KC055431-1	01#02	SW 30 TT	DN200 (219,1 x 12,5 mm)	S05	141 111	X10CrMoV Nb9-1		
04	KC055431-1	01#02	SW 32 TT	DN200 (219,1 x 12,5 mm)	S150	141 111	X10CrMoV Nb9-1		
05	KC055431-1	01#02	SW 34 TT	DN200 (219,1 x 12,5 mm)	S05	141 111	X10CrMoV Nb9-1		
06	KC055431-1	01#02	SW 36 TT	DN200 (219,1 x 12,5 mm)	S150	141 111	X10CrMoV Nb9-1		
07									
08									
09									
10									
11									
12									

Observações:

Relatório nº: 22.L.03211

Enviar relatórios originais para:
 (Send original reports to)



Figura 4.33 - Q113 – Pedido de Ensaios Não Destrutivos.

Concluídos os procedimentos de inspeção, os resultados são compilados em relatórios, que passam a integrar o Dossier de Qualidade do projeto. Conforme ilustrado na Figura 4.34, estes relatórios de RT incluem informação detalhada sobre a norma aplicada (por exemplo, EN ISO 17636-1:2022), o critério de aceitação em vigor (por exemplo, EN ISO 10675-1:2021, Nível 1), os parâmetros técnicos do ensaio (densidade do filme, tipo de equipamento) e a qualificação do operador (Nível 2, segundo EN ISO 9712), entre outros elementos relevantes para comprovar a conformidade dos resultados [22, 29, 39].



CLIENTE E MORADA Client Address MECOWIDE, S.A. 211, 2ª, Rua D, Lote 10 7520-309 Sines	RELATÓRIO Nº Report Nr. 22. L. 03238
FABRICANTE Manufacturer MECOWIDE, S.A.	PÁGINA Page 1 DE OF 2
OBRA Job PCL21367 - Vyncke NV (BE)	CONTRATO Nº Job Nr. 14277695
	LOCAL DE ENSAIO Test Location Sines
	DATA DO ENSAIO Date of Test 2022-05-06

RELATÓRIO Nº Report Nr. 22. L. 03238	PÁGINA Page 2 DE OF 2
--	---------------------------------

4. CRITÉRIO DE DECISÃO Decision Criteria
Ver Tabela Seguinte See following table: Bom Good - Aceitável Acceptable / Reparar Repair +

1. CONDIÇÕES TÉCNICAS E OPERATÓRIAS Technical and Operational Conditions

DOCUMENTO REFERÊNCIA / CATEGORIA ENSAIO Reference Standard / Testing Class EN ISO 17636-1:2013	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO Acceptance Criteria EN ISO 10675-1:2014 - Nivel 1
PROC. FABRICO Fabrication Process <input checked="" type="checkbox"/> Soldadura Weld 141/111 <input type="checkbox"/> Fundição Casting <input type="checkbox"/> Outro Other	MATERIAL BASE Parent Material X1.0CrMoV9Nb9-1
FASE PRODUÇÃO Production Stage <input type="checkbox"/> Pré-fábriço Preform <input type="checkbox"/> Antes TT Before TT <input checked="" type="checkbox"/> Depois TT After TT <input type="checkbox"/> Em serviço in service	GAMA ESPESURAS Thickness Range 1.2, 3mm
EQUIPAMENTO / ACTIVIDADE Equipment / Activity <input type="checkbox"/> Raio-X X-Ray <input checked="" type="checkbox"/> Ir 192 <input type="checkbox"/> Se 75	DENSIDADE EXIGIDA Required Film Density >2.0
PLANO RADIOGRÁFICO Film Position Test Plot <input type="checkbox"/> Anexo Annex <input checked="" type="checkbox"/> Responsabilidade do Cliente Client Responsibility	TIPO DE PELÍCULA Film Type T2000 C4
TÉCNICA Technique 1 2 3 4 5 6	ECRAS Screens Fb
	PROCESSAMENTO DO FILME Film Processing <input type="checkbox"/> Manual Manual <input checked="" type="checkbox"/> Automático Automatic

ISO 6520 IIW Descontinuidades Planares Planar Discontinuities		ISO 6520 IIW Descontinuidades Geométricas Geometric Discontinuities	
101 E	Fissura Cracks	500 Z	Outros Others
102 Eb	Fissura longitudinal Long crack	501 F	Carida soldadura imperfecta Imperfect weld
103 Ec	Fissura transversal Transv. crack	502 L	Borões quimizados / Euxos Undercut
104 Ed	Fissura de cratera Crater crack	503 Pb	Solcos superficiais Surface irregularities
105 Ee	Falta de fusão Lack of fusion	504 Pp	Sulcos não raiz Root concavities
106 Ee	Falta de fusão entre passadas Lack of fusion between passes	505 Pn	Excesso de penetração Excess penetration
107 Ee	Falta de fusão na raiz Lack of fusion at root	506 Pp	Falta alinhamento de cordão Misalignment
108 Ee	Falta de penetração Lack of Penetration	507 Pp	Abatimento na raiz Root recess
109 Ee	Inclusões Gasosas Gas inclusions	508 Pp	Recomeço imperfecto Root restart
200 A	Inclusões gasosas Gas inclusions	509 Z	Outras imperfeições Miscellaneous imperfections
201 Ab	Pontos esféricos Spheroidal inclusions	510 Bg	Defeitos de acabamento Defects of finish
202 Ad	Pontos vermiformes Whorm holes	511	
203 Ae	Nódo de porão Caster porosity	512	
204 Ak	Crater Crater	517	
300 B	Inclusões sólidas Solid inclusions		
301 Ba	Inclusão de escória Slag inclusion	A	Inclusões gasosas Gas porosity
302 Bb	Escória aderida Adhered slag inclusion	B	Inclusões de areia e escória Sand and slag inclusions
303 Bc	Inclusão de raiz Root inclusion	CA	Defeitos de corrosão Corrosion
304 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CB	"Rechube" - Tipo 1 Shrinkage - Type 1
305 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	"Rechube" - Tipo 2 Shrinkage - Type 2
306 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CD	"Rechube" - Tipo 3 Shrinkage - Type 3
307 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CE	"Rechube" - Tipo 4 Shrinkage - Type 4
308 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Cracks
309 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Fisuras a quente Hot tears
310 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Inclusões de areia e escória Sand and slag inclusions
311 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
312 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
313 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
314 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
315 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
316 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
317 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
318 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
319 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
320 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
321 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
322 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
323 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
324 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
325 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
326 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
327 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
328 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
329 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
330 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
331 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
332 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
333 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
334 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
335 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
336 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
337 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
338 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
339 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish
340 Bc	Inclusões de areia Sand inclusion	CC	Defeitos de acabamento Defects of finish

Nº	REFERÊNCIA DE MARCAÇÃO Marking References	ZONA DE FILME Film Zone	ÁREA ANALISADA Area Under Test	INTERPRETAÇÃO Interpretation	DECISÃO Assessment	TÉCNICA Technique	TEMPO EXPOSIÇÃO Exposure Time	DFE (mm) Film Density	DENSIDADE DE EXPOSIÇÃO Exposure Density	FOCAL VISIBLE Visible Focal	REMARKS
1	KC055431-1 0102	0-25	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.43	11	S-150
2	KC055431-1 0102	25-50	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.49	11	S-150
3	KC055431-1 0102	50-75	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.47	11	S-150
4	KC055431-1 0102	0-25	SW3TT		-	2	00:00:10	110	2.59	11	S-150
5	KC055431-1 0102	25-50	SW3TT		-	2	00:00:10	110	2.56	11	S-150
6	KC055431-1 0102	50-75	SW3TT		-	2	00:00:10	110	2.53	11	S-150
7	KC055431-1 0102	0-25	SW4TT		-	2	00:00:10	110	2.72	11	S-150
8	KC055431-1 0102	25-50	SW4TT		-	2	00:00:10	110	2.83	11	S-150
9	KC055431-1 0102	50-75	SW4TT		-	2	00:00:10	110	2.75	11	S-150
10	KC055431-1 0102	0-25	SW5TT		-	2	00:00:10	110	3.03	11	S-150
11	KC055431-1 0102	25-50	SW5TT		-	2	00:00:10	110	2.97	11	S-150
12	KC055431-1 0102	50-75	SW5TT		-	2	00:00:10	110	2.99	11	S-150
13	KC055431-1 0102	0-25	SW7TT		-	2	00:00:10	110	2.51	11	S-29
14	KC055431-1 0102	25-50	SW7TT		-	2	00:00:10	110	2.56	11	S-29
15	KC055431-1 0102	50-75	SW7TT		-	2	00:00:10	110	2.50	11	S-29
16	KC055431-1 0102	0-25	SW22TT		-	2	00:00:10	110	2.57	11	S-55
17	KC055431-1 0102	25-50	SW22TT		-	2	00:00:10	110	2.56	11	S-55
18	KC055431-1 0102	50-75	SW22TT		-	2	00:00:10	110	2.60	11	S-55
19	KC055431-1 0102	0-25	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.55	11	S-29
20	KC055431-1 0102	25-50	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.59	11	S-29
21	KC055431-1 0102	50-75	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.51	11	S-29
22	KC055431-1 0102	0-25	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.74	11	S-55
23	KC055431-1 0102	25-50	SW2TT	3041	-	2	00:00:10	110	2.70	11	S-55
24	KC055431-1 0102	50-75	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.71	11	S-55
25	KC055431-1 0102	0-25	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.76	11	S-55
26	KC055431-1 0102	25-50	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.73	11	S-55
27	KC055431-1 0102	50-75	SW2TT		-	2	00:00:10	110	2.68	11	S-55
28	KC055431-1 0202	0-25	SW1TT	515	-	2	00:00:10	110	3.03	11	S-29
29	KC055431-1 0202	25-50	SW1TT		-	2	00:00:10	110	3.14	11	S-29
30	KC055431-1 0202	50-75	SW1TT		-	2	00:00:10	110	3.09	11	S-29
31	KC055431-1 0202	0-25	SW3TT		-	2	00:00:10	110	3.13	11	S-55
32	KC055431-1 0202	25-50	SW3TT		-	2	00:00:10	110	3.20	11	S-55

LOCAL E DATA DE EMISSÃO Place & Issue Date Lisboa 2022-05-09	OPERADOR(ES) E CERTIFICAÇÃO Operator(s) & Certification J. Pereira/C. Rodrigues EN 280 9712 (R2)	VALIDAÇÃO Validation F. Pínela EN 280 9712 (R2)
---	---	--

LOCAL E DATA DE EMISSÃO Place & Issue Date Lisboa 2022-05-09	OPERADOR(ES) E CERTIFICAÇÃO Operator(s) & Certification J. Pereira/C. Rodrigues EN 280 9712 (R2)	VALIDAÇÃO Validation F. Pínela EN 280 9712 (R2)
---	---	--

Figura 4.34 – Exemplo de Relatórios de NDTs - Radiografia (RT).

Para garantir que o relatório corresponde ao pedido inicial, verifica-se ainda a referência ao documento Q113. Esta ligação entre o pedido e o relatório assegura a rastreabilidade integral das atividades de controlo de qualidade, permitindo que quaisquer não conformidades sejam rapidamente identificadas e corrigidas. Ao cumprir este processo rigoroso, a Mecwide confirma a adequação das juntas soldadas aos requisitos técnicos do projeto, salvaguardando a integridade estrutural e a fiabilidade das instalações ao longo da sua vida útil.

4.3.1.4.4 Tratamentos Térmicos (PWHT)


O *Post-Weld Heat Treatment* (PWHT) constituiu uma etapa determinante na garantia da integridade estrutural das juntas soldadas, especialmente no caso de aços com requisitos de resistência a altas temperaturas, como o P91. Dado que a Mecwide não efetua internamente este processo, recorreu-se a uma empresa externa especializada para a sua execução. Ainda assim, o controlo e a supervisão do PWHT permaneceram sob responsabilidade direta dos Técnicos de Qualidade da Mecwide, que acompanharam todas as fases do tratamento a fim de assegurar a total conformidade com as especificações contratuais e as normas aplicáveis (por exemplo, EN 13480-4).

Um dos aspetos críticos a considerar foi o esquema de montagem das resistências, que exigiu uma disposição equilibrada ao longo das soldaduras, evitando concentrações de calor que pudessem gerar zonas frias ou sobreaquecidas. A montagem, ilustrada na Figura 4.35, garantiu que o aquecimento fosse homogéneo em todo o perímetro da junta, mitigando a formação de tensões localizadas. Em paralelo, avaliou-se o número de termopares a aplicar, variável em função do diâmetro e espessura do tubo; em juntas de maior dimensão ou espessura, optou-se por termopares adicionais, estrategicamente colocados na Zona Termicamente Afetada (ZTA) e nas zonas de aquecimento direto, maximizando o controlo efetivo de temperatura.



Figura 4.35 - Supervisão de Tratamentos Térmicos às soldaduras.

Seguidamente, procedeu-se à análise das taxas de aquecimento e arrefecimento registadas no relatório de PWHT, que devem exibir curvas suaves (subida e descida) para evitar variações bruscas de temperatura. Um arrefecimento excessivamente rápido pode induzir tensões internas indesejadas, fragilizando a soldadura e compromissos de desempenho mecânico. Ainda no âmbito do controlo térmico, a temperatura de patamar foi mantida estável durante o período indicado pela norma em vigor, permitindo a adequada relaxação das tensões residuais. A Figura 4.36 mostra o aspeto típico de um relatório de PWHT, onde se observam linhas horizontais evidenciando a manutenção constante da temperatura durante o tempo prescrito.

	Relatório Técnico – Tratamento On – Site <i>(Tech.Report of Heat Treatment/Rapport Tech. sur le Traitement Thermique)</i>	<i>Unidade de TT</i> <i>(HT Unit / Unite TT)</i> 2198
	<i>Cliente (Client /Client):</i> <u>MECWIDE</u>	<i>Data</i> <i>(Date/Date)</i> <u>15/08/2022</u>
	<i>Relatório</i> <i>(Report/Rapport) N.º</i> <u>HTR-095/MCW32</u>	<i>Revisão N.º</i> <i>(Revision/Révision)</i> 0

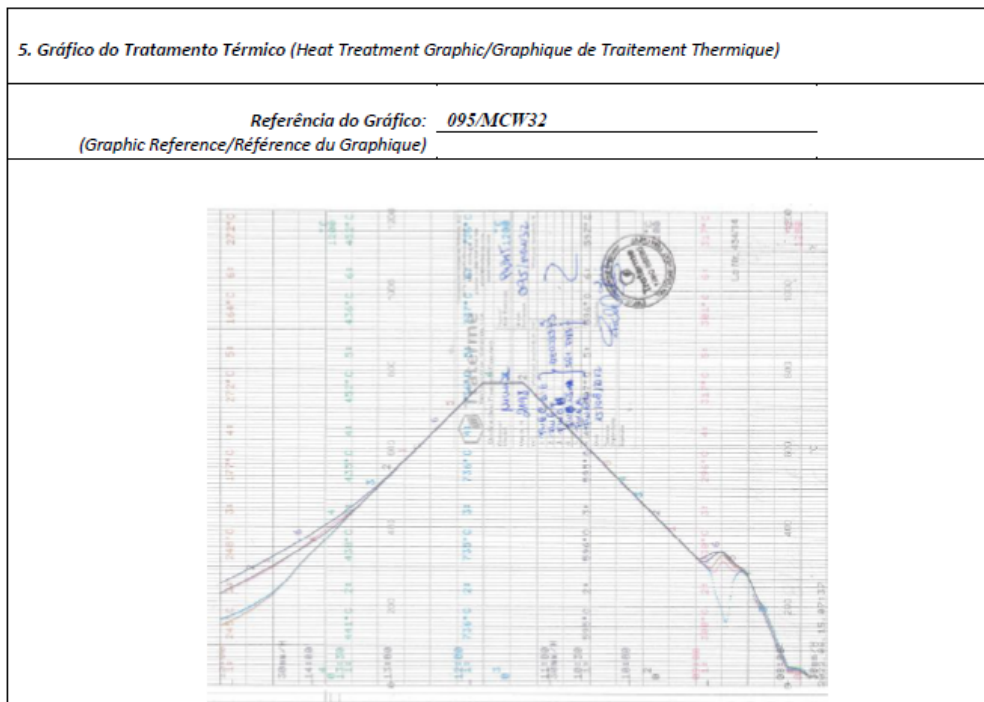


Figura 4.36 - Relatório de PWHT.

Por fim, complementou-se a inspeção pós-tratamento com a verificação de dureza, recorrendo, por exemplo, a ensaios de dureza Vickers (HV10) para confirmar se os valores medidos permaneciam dentro dos limites aconselhados (tipicamente até 250 HV para aços como o P91). Desta forma, ficou atestada a conformidade com a EN 13480-4 e a preservação das propriedades mecânicas pretendidas no projeto, assegurando que as juntas soldadas apresentavam os requisitos de fiabilidade e resistência exigidos para o funcionamento seguro e duradouro do sistema de tubagens.

4.3.1.4.5 Ensaios e Testes

Uma das etapas críticas para validar a integridade do sistema de tubagem concebido no projeto PCL21367 consistiu na realização de ensaios hidráulicos, com vista a garantir a conformidade dos componentes fabricados e montados face aos requisitos estabelecidos na EN 13480-5. Estes testes, supervisionados por entidades externas e pelo próprio cliente, permitiram avaliar a capacidade do sistema para suportar a pressão definida em projeto, sem apresentar deformações permanentes ou fugas.




Na Figura 4.37, observa-se um exemplo de relatório de ensaio hidráulico, onde se encontram registadas informações fundamentais, como a pressão aplicada, a duração do teste e as assinaturas de aprovação. A adoção rigorosa deste procedimento, alinhada com as boas práticas internacionais, assegurou a qualidade estrutural e operacional das tubagens, reforçando a fiabilidade do sistema antes da fase de comissionamento.

M MECWIDE ENGINEERING CHALLENGES		Relatório de Ensaio /Test Report		Processo/Obra nº Project/work no : PCL21367	
Revisão/Revision : 0		Data/Date : 26/07/2022		Revisão/Revision : 0	
Doc. ref/Ref. standard : EN 13480-5				Doc. ref/Ref. standard : EN 13480-5	
Cliente/Cient : Vyncke NV (BE)				Objecto/Subject : BFW Piping Pressure Side	
Desenho nº/Drawing no : KC055371-4		ITEM: Hydraulic Test	Local/Place : Wanze, Belgium	Relatório Nº/Report NO : HT_002	


Tipo de Ensaio/ Test Type	
1 – Estanqueidade/Hermetic	
2 – Hidráulico/Hydraulic	X
3 – Pneumático/Pneumatic	
4 – Gasóleo/Diesel	
5 – Vácuo/Vacuum	
6 – Outros/Others	

Dados para teste / Test data			
Documento de Aceitação/Acceptance standard	EN 13480		
Equipamento de teste / Tipo ou modelo/ Teste equipment / Construction no	Pneumatic Pump - 520 Bar		
Equipamento de Controlo/ Control equipment Pressure Indicator	Equipamento/ Equipment Traqc-9 P	Marca/ Brand WIKA	Certificado nº/ Certif. No 660430021
	Tipo/Type Analog	Classe/Class 1.0	Gama / Range 0 - 400 Bar
Temperatura / Fluido de teste Temperature / Fluid	Room Temperature (approx. 23°C)	Water	
Pressão de Ensaio/Test Pressure	280 Bar		


Resultado / Observações Result/Notes: Approved, no leaks detected during the duration of the test. The test as agreed with client was performed with 1 Pressure Gauge at the lowest point at a higher pressure to guarantee the desired test pressure at the highest point.	Duração do teste/ Duration of test: 60 minutes Início/Start : 17:25 Fim/End : 18:25
Resultado/Result - Approved	

Efetuada por/ Performed by:	Aprovado por QA/QC/ Approved by Quality Department:	Aprovado pelo Cliente/ Approved by Client:	Outros/Other:
Nome/Name: Manuel Borralho	Nome/Name: Bernardo Viana De Oliveira	Nome/Name: Sam Gantois	Nome/Name:
Assinatura/Signature: 	Assinatura/Signature: 	Assinatura/Signature: 	Assinatura/Signature:
Data/Date : 27/7/2022	Data/Date : 27/7/2022	Data/Date : 27/7/2022	Data/Date :

ISOMETRIC	LINE	PAGE	TEST PRESSURE - PT (Bar)
KC055371	4	2	280



Início/Start : 17:25



Fim/End : 18:25

Figura 4.37 - Relatório de Ensaio Hidráulico.

4.3.1.5 Dossier de Construção

Para manter a rastreabilidade e a transparência de todo o processo, a Mecwide compilou, ao longo do projeto, um Dossier de Construção — também conhecido como *Manufacturing Data Book*. Este repositório documental integrou, de modo sistemático, diversos registos e evidências, assegurando que o sistema cumpria os requisitos contratuais e normativos até à fase de entrega. Em termos de documentação técnica, o dossier incluiu os desenhos *As-Built*, atualizados para refletir qualquer alteração ocorrida durante a execução, bem como as versões finais aprovadas de especificações e procedimentos.

A secção dedicada a certificados e registos reuniu documentos como certificados de materiais (emitidos segundo a EN 10204 Tipo 3.1), certificados de consumíveis de soldadura (relativos a eléctrodos, varetas ou gases de proteção) e certificados de calibração dos equipamentos de medição e ensaio. Relativamente aos registos de qualidade, foram anexados relatórios de NDTs — incluindo filmes radiográficos — os formulários que asseguraram a rastreabilidade de cada junta soldada (documento Q27) e os relatórios de tratamentos térmicos, onde se evidenciaram curvas de temperatura e medições de dureza.

Por último, foram anexados os ensaios finais, englobando relatórios de ensaios hidrostáticos que descreviam os valores de pressão aplicados, a duração e os resultados obtidos, bem como as assinaturas de aprovação de todas as partes intervenientes. Em complemento, incluíram-se certificados de conformidade que atestavam que o sistema cumpria, na íntegra, as especificações técnicas e as normas aplicáveis. A Figura 4.38 ilustra o índice do Dossier de Construção adotado no projeto, enquanto a Figura 4.39 apresenta o Protocolo de Entrega (Q68), documento que formalizou a submissão do dossier ao cliente. Neste contexto, a entrega do Dossier de Construção constituiu também um marco de pagamento, sendo imprescindível comprovar a sua aceitação oficial pela Vyncke NV para cumprir o estipulado contratualmente.

		Projeto / Project:	PCL21367
		Cliente / Client:	Vyncke NV
		Doc. Nº / Doc. Number:	PCL21367_Q28_MRB
		Data / Date:	03/10/2022
		REV.	0
ÍNDICE /INDEX			
		Pág. Page	
1 - Plano de Inspeção e Ensaio Inspection and Testing Plan		4	
2 - Procedimentos (TH; END; TT) Procedures (HT; NDT; PWHT)		14	
2.1 - Teste Hidráulico Hydraulic Test		15	
2.2 - Ensaio Não-Destrutivo Non-Destructive Testing		20	
2.3 - Teste de Durezas Hardness Test		149	
2.4 - Tratamento Térmico Pre-Heat and Post-Weld Heat Treatments		159	
3 - Caderno de Soldadura (EPs / RQP5) Welding Book (WPS / WPQR)		166 / 192	
4 - Certificados de Soldadores Welders Performance Qualifications		533	
5 - Certificados de Materiais de Base Base Material Certificates		609	
5.1 - Tubos, Curvas e T* Pipes & Fittings		610	
5.2 - Válvulas Valves		2007	
5.3 - Fasteners		2065	
5.4 - Estruturas Structural		2078	
6 - Certificados de Materiais de Adição Filler Material Certificates		2087	
7 - Desenhos Finais As-Built Drawings		2110	
8 - Registo de Rastreabilidade das Juntas Soldadas Weld Joints Traceability Record (Q27)		2180	
8.1 - KC055369 - DWS cooling piping		2181	
8.2 - KC055369 - Sootblowing steam circuit		2184	
8.3 - KC055371 - BFW circuit		2188	
8.4 - KC055372 - Discharge pipes sootblower circuit		2195	
8.5 - KC055373 - Main Steam Line		2197	
8.6 - KC055375 - Discharge pipe PSV main steam line		2200	
8.7 - KC055379 - Blow down & drain piping		2202	
8.8 - KC055385 - Sampling lines		2210	
8.9 - KC055431 - Superheated steam from SHE4 to SHES		2213	
8.10 - KC055402 - discharge pipe Start-up valve		2216	
9 - Relatórios de Tratamento Térmico Pre-Heat and Post Weld Heat Treatment (PWHT) Reports		2218	
10 - Relatórios de Teste de Durezas Hardness Test Reports (HT)		2488	
11 - Relatórios de Ensaio Não Destrutivo Non-Destructive Testing Reports		2545	
11.1 - Relatórios de Partículas Magnéticas Magnetic Testing Reports (MT)		2546	
11.2 - Relatórios de Líquidos Penetrantes Penetrant Testing Reports (PT)		2599	
11.3 - Relatórios de Radiografia Radiographic Testing Reports (RT)		2827	
11.4 - Relatórios de Ultrassons Ultrasonic Testing Reports (UT)		2825	
12 - Certificados de Operadores de END NDT Operators certificates		2834	
12.1 - Bureau Veritas Rinave		2835	
12.2 - LCNDTest		2843	
13 - Relatórios de Ensaio Hidráulicos e Manómetros Hydraulic test reports and Pressure Indicators Certificate		2855	
13.1 - KC055369 - DWS cooling piping		2856	
13.2 - KC055369 - Sootblowing steam circuit		2883	
13.3 - KC055371 - BFW circuit		2893	
13.4 - KC055373 + KC055431 - Main Steam Line / Superheated steam from SHE4 to SHES		2916	
13.5 - KC055375 - discharge pipe PSV main steam line		2944	
13.6 - KC055385 - Sampling lines		2956	
13.7 - KC055402 - discharge pipe Start-up valve		2967	
14 - Relatório de Tratamento Anti-Corrosivo Anti-Corrosive Treatment Report		2992	
<small>Rua do Assento, 246, Via Deca 4755-651 Barcelos PORTUGAL T +351 263 837 501 F +351 263 837 503 geral@meowide.com</small>			

Figura 4.38 - Índice do Dossier.

Protocolo de Entrega | Letter of Transmittal

Identificação do Projeto Project Name	Protocolo de entrega n.º Letter of Transmittal N.º	Data Date
PCL21367	01	2022-10-03
Cliente Client	Identificação do Cliente Project Client ID	Identificação Mecwide Mecwide Reference
Vyncke NV (BE)		

Assunto | Subject: Project Manufacturing Record Book submission



Enviado | We are sending you: Anexado | Attached SharePoint | Via SharePoint

Dossier de Construção | Data Book Desenhos | Drawings Prints Copy of Letter RFI Outros | Others

Tipo de document Document Type	N.º Doc. Doc. N.º	Descrição Description	Cópias Copies	Formato Format	Data Date
Dossier de Construção Manufacturing Record Book	PCL21367_Q28_MRB_Rev.1	Manufacturing Record Book	1	Link online	2022-10-03

Motivo de envio | These are transmitted for:
 Resposta a pedido | As Requested Para revisão e comentários | For Review and Comment
 Para aprovação | For Approval Outros | Others

Notas | Remarks:
 NDR FILE STORES REV 1, ALTHOUGH IT IS THE FIRST ISSUE (REV 0)

Mecwide	
Bernardo Viana De Oliveira Dep. Controlo da Qualidade 	Filipe Gonçalves Gestor de Projecto Project Manager 

Cliente | Client:


Recebido em Received in 24/10/2022	Nome Name: Sam Gratton
Por By: Sam Gratton / VYNCKE	Função Function: Site Manager
	Assinatura Signature: 

Figura 4.39 - Q68 - Protocolo de Entrega.

4.3.1.6 Análise

A execução do projeto PCL21367 implicou um conjunto de desafios técnicos e de gestão, especialmente no que diz respeito à soldadura e ao tratamento térmico de aços de alta liga, como o P91. A necessidade de manter um controlo rigoroso sobre os parâmetros de aquecimento e arrefecimento, bem como garantir a formação adequada dos soldadores, revelou-se decisiva para evitar problemas de fissuração ou perda de propriedades mecânicas. Além disso, a coordenação de atividades entre a fabricação em oficina e a montagem no local, aliada ao envolvimento de vários subcontratados, exigiu um planeamento detalhado e a utilização de ferramentas de gestão de projetos (como o Microsoft Project), potenciando uma comunicação fluida e uma correta definição de prioridades.

Outro aspeto relevante residiu na conformidade normativa, já que foi essencial alinhar os procedimentos internos com normas internacionais (EN 13480, EN 10216-2, EN ISO 15614-1, EN ISO 9606-1, entre outras) e com os requisitos contratuais e legais em vigor. O envolvimento de especialistas em normas, a realização de auditorias internas e a interação contínua com o cliente e entidades inspetoras constituíram fatores-chave para o êxito desta vertente.

Em termos de resultados, o sistema foi concluído sem registo de não conformidades críticas, evidenciando um elevado padrão de qualidade. O projeto terminou dentro dos prazos estabelecidos, revelando uma gestão eficaz dos recursos e prazos, e a satisfação expressa pela Vyncke NV veio corroborar a capacidade da Mecwide para conduzir empreendimentos de grande envergadura e complexidade, abrindo perspectivas de colaboração futura.

4.3.2 PCL22106 – BioWanze NV

O projeto PCL22106 foi desenvolvido para a BioWanze NV, uma empresa belga líder na produção de bioetanol e alimentação animal a partir de cereais como trigo e milho. A organização opera uma central de grande dimensão em Wanze, Bélgica, na qual são adotadas tecnologias avançadas que permitem processar, anualmente, cerca de um milhão de toneladas de cereais, com particular foco na eficiência energética e na sustentabilidade ambiental. A Figura 4.40 apresenta uma vista aérea da central, destacando a extensão das instalações e o compromisso da empresa com processos de produção ecoeficientes.



Figura 4.40 - Imagem aérea da Central BioWanze em Wanze, Bélgica.

Este projeto constituiu uma continuação direta do PCL21367, na medida em que visou a construção das tubagens de interligação entre a nova caldeira de cogeração, fornecida pela Vyncke NV, e as infraestruturas industriais existentes na BioWanze. Para tal, recorreu-se à montagem de um *pipe rack* a cerca de 5 metros de altura, assegurando que as linhas de vapor e de água quente pudessem ser direcionadas de forma eficiente para os pontos de utilização, sem prejudicar a operacionalidade das áreas de produção.

A tipologia do empreendimento centrou-se na instalação de tubagens industriais, responsáveis pela condução de fluidos de processo (vapor e água quente) entre a caldeira de cogeração recém-implementada e o sistema já em serviço na central da BioWanze. Do ponto de vista normativo, a Mecwide teve como referência principal a EN 13480 para tubagens industriais metálicas e a Diretiva PED 2014/68/EU, a qual regulamenta os requisitos de segurança para equipamentos sujeitos a pressão no espaço europeu [23]. Quanto à especificação e qualificação de procedimentos de soldadura, a EN ISO 15614-1 foi o enquadramento adotado, garantindo que os métodos e os processos de soldadura cumpriam padrões reconhecidos internacionalmente [27].

Em matéria de materiais, destacaram-se o aço carbono P235GH, amplamente empregado em tubagens submetidas a pressões e temperaturas moderadas (até aproximadamente 450 °C), o 10CrMo9-10 (P22), destinado a aplicações de alta temperatura e pressão, e o X10CrMoVNb9-1 (P91), caracterizado por propriedades superiores de resistência mecânica e à fluência. A adoção destes aços exigiu um planeamento cuidadoso no que respeita às qualificações de soldadura, inspeções e eventual necessidade de PWHT, de modo a assegurar a fiabilidade estrutural dos sistemas.

O facto de a tubagem ser instalada num *pipe rack* a 5 metros do solo representou um desafio adicional do ponto de vista logístico e de segurança, obrigando a uma gestão cuidada dos acessos, do posicionamento de andaimes e da movimentação de cargas. Paralelamente, a coordenação entre as equipas de montagem e as outras disciplinas envolvidas (por exemplo, Civil e E&I) revestiu-se de particular importância para evitar conflitos de espaço e garantir o cumprimento dos prazos contratuais.

4.3.2.1 Revisão Documental e Planeamento

A fase de revisão documental e planeamento assumiu uma importância central na preparação do projeto PCL22106, na medida em que garantiu a adequação das soluções técnicas às condições operacionais e às exigências normativas, em particular às estabelecidas pela Diretiva PED 2014/68/EU. Nesta etapa, foram analisados em detalhe os desenhos, MTOs e especificações técnicas fornecidos, definindo-se também a logística e os recursos necessários para a instalação num *pipe rack* a 5 metros de altura.

Uma das primeiras ações consistiu na análise dos desenhos isométricos, validando-se as dimensões, configurações e a eventual existência de sobreposições ou inconsistências. Este procedimento teve como propósito confirmar a exatidão dos desenhos fornecidos, bem como avaliar o detalhamento dos suportes e fixações. Sendo a tubagem montada a uma altura considerável, a correção e robustez de cada ponto de ancoragem foram cruciais para garantir a integridade estrutural do conjunto. Em

seguida, procedeu-se à verificação das MTOs, confirmando a compatibilidade dos aços (P235GH, P22 e P91) com as condições de pressão, temperatura e resistência à corrosão previstas. Esta verificação englobou também a análise de eventuais tratamentos térmicos e requisitos específicos de soldadura, que poderiam incidir sobre a disponibilidade de materiais no mercado ou exigir encomendas especiais.

Além disso, foram escrutinadas as especificações técnicas, observando-se os requisitos de soldadura (processos, parâmetros operacionais, necessidade de pré-aquecimento ou *PWHT*), bem como as normas e regulamentos aplicáveis ao projeto [7, 27]. Neste ponto, a conformidade com a Diretiva PED teve destaque, não apenas para validar a categoria de risco e o módulo de avaliação da conformidade do equipamento, mas também para assegurar que todos os subcontratados envolvidos na soldadura, ensaios e inspeções cumpram as qualificações exigidas [23].

Por último, estabeleceu-se o planeamento de recursos, englobando a seleção de pessoal (soldadores qualificados, inspetores de qualidade, supervisores de montagem), a definição dos equipamentos de movimentação e acesso (como guias, plataformas elevatórias e andaimes), e a logística associada ao transporte dos materiais para o local de montagem. Esta organização cuidadosa teve em conta as restrições de acesso e segurança, visando minimizar riscos e interrupções durante a execução. A comunicação contínua entre as equipas envolvidas — engenharia, qualidade e operações — revelou-se fundamental para manter o alinhamento de todos os intervenientes e, assim, dar resposta às exigências do cliente e ao cronograma de entregas do projeto.

4.3.2.2 NoBo e Conformidade com a PED

Sendo a instalação projetada para operar com tubagens a pressões superiores a 0,5 bar, foi necessária a aplicação da PED 2014/68/EU [23]. Assim, a Mecwide assumiu a responsabilidade de garantir a total conformidade com os requisitos estabelecidos pela diretiva, coordenando, sempre que exigido, as atividades de fabrico, controlo e inspeção, em articulação com o NoBo.

Num primeiro momento, procedeu-se à classificação do equipamento, avaliando-se a categoria de risco segundo o Anexo II da PED, o que implicou considerar parâmetros como a pressão máxima admissível (PS), o diâmetro nominal (DN) e a natureza do fluido transportado [23]. Em paralelo, organizou-se toda a documentação técnica necessária para a avaliação da conformidade, incluindo desenhos de projeto, notas de cálculo, procedimentos de fabrico e planos de controlo de qualidade. Este dossier técnico proporcionou ao NoBo uma visão abrangente das especificações e metodologias adotadas, permitindo-lhe verificar se o sistema cumpria integralmente as disposições normativas.

No que toca à avaliação da conformidade, selecionou-se o Módulo G – Verificação por Unidade, para Cat. III de acordo com a Figura 4.41, referente ao Anexo II da PED, na Tabela de Avaliação de Conformidade [23].

I	=	módulo A,
II	=	módulos A2, D1, E1,
III	=	III módulos B (tipo de projeto) + D, B (tipo de projeto) + F, B (tipo de produção) + E, B (tipo de produção) + C2, H,
IV	=	módulos B (tipo de produção) + D, B (tipo de produção) + F, G, H1

Figura 4.41 - Tabela de avaliação de conformidade (Anexo II, PED2014/68/EU).

Essa abordagem implicou a realização de inspeções, verificações e ensaios presenciais por parte do Organismo Notificado, para atestar a adequação das operações de fabrico e ensaio aos parâmetros de segurança previstos [23]. Nessa perspetiva, foi igualmente essencial manter uma comunicação contínua e transparente com o NoBo, facultando esclarecimentos adicionais sempre que exigido e garantindo a partilha atempada de documentos, registos de ensaio e relatórios de inspeção.

Dessa forma, o cumprimento da PED foi assegurado de modo sistemático, evidenciando a rastreabilidade e a qualidade do sistema de tubagens instalado, bem como a aptidão do conjunto para operar sob as condições de pressão e temperatura previstas no projeto.

4.3.2.3 Gestão e Supervisão de Subcontratados

A execução do projeto PCL22106 envolveu a participação de diversas entidades especializadas, facto que requereu uma coordenação apertada e uma definição clara de responsabilidades. Para além das equipas habituais de fabrico, montagem e controlo de qualidade, foi necessário integrar o NoBo nas atividades de pré-fabricação e inspeção das linhas classificadas em Categoria III, sujeitas ao Módulo G de inspeção ao abrigo da PED 2014/68/EU [23].

Integração do NoBo na Pré-Fabricação

Devido aos requisitos do Módulo G, o NoBo procedeu a uma primeira visita às instalações da Mecwide para validar vários processos fundamentais, designadamente:

- **Receção de Materiais e Transferência de Marcas:** Verificação das marcas de identificação e respetiva rastreabilidade, bem como a conformidade dos certificados de material com a categoria do equipamento.
- **Armazenamento de Consumíveis:** Avaliação das condições de acondicionamento dos eléctrodos, varetas e gases de soldadura, assegurando conformidade com as recomendações do fabricante e as normas de qualidade aplicáveis.

- **Produção Global (*Overall Production*):** Observação do fluxo de trabalho em oficina, incluindo métodos de fabrico e organização do espaço, de modo a confirmar o cumprimento das exigências técnicas e de segurança.

Após esta auditoria inicial, o NoBo manteve uma participação ativa nas fases subsequentes, nomeadamente ao inspecionar e aprovar a expedição dos *spools*. A Mecwide, de acordo com as regras estabelecidas, era obrigada a solicitar essas visitas com cerca de 10 dias de antecedência, permitindo ao NoBo planear e deslocar-se às instalações para efetuar a revisão documental e a inspeção visual antes do envio dos componentes para o local de montagem. Tal coordenação implicou uma gestão meticulosa do calendário de produção e inspeção, garantindo que os ensaios de tubagem (por exemplo, NDTs e PWHT) se concluíam atempadamente e que toda a documentação — incluindo relatórios de rastreabilidade (Q27), certificados de material, qualificações dos soldadores, relatórios de NDTs, relatórios de tratamentos térmicos e de durezas — estava disponível e em conformidade.

Só depois de a inspeção visual ao estado final dos *spools* ficar concluída e de o NoBo confirmar a conformidade dos documentos de produção, os componentes podiam ser expedidos para o local de montagem. Esta abordagem evitou atrasos durante a instalação no local, enquanto minimizava riscos de não conformidades ou lacunas na rastreabilidade.

Montagem no Local

Uma vez expedidos e recebidos no local, o processo de montagem das tubagens nas estruturas elevadas (*pipe rack*) exigiu a coordenação de diversos agentes:

- **Empresa de Andaimos:** Foi necessário planear a instalação de andaimes e plataformas de trabalho que garantissem o acesso seguro às zonas de montagem.
- **Equipas de Montagem:** As equipas responsáveis pela montagem das tubagens tiveram de seguir rigorosamente os procedimentos definidos, respeitando as especificações de soldadura, as normas de segurança e as instruções relativas ao manuseamento dos componentes em altura.
- **Reuniões de Coordenação:** Para facilitar o alinhamento entre as várias partes envolvidas, realizaram-se reuniões semanais destinadas a apresentar o progresso, resolver estrangimentos técnicos ou logísticos e atualizar o cronograma de acordo com as eventuais necessidades emergentes.

A integração do NoBo estendeu-se também a esta fase, sempre que se mostrava necessário comprovar a conformidade *in loco* ou validar eventuais alterações de última hora. Em suma, a coordenação dos subcontratados e a interlocução contínua com o NoBo possibilitaram um ciclo de controlo de qualidade robusto, desde a pré-fabricação em oficina até à instalação final no *pipe rack*.

4.3.2.4 Relatórios de Inspeção do NoBo

A verificação periódica efetuada pelo NoBo representou um elemento essencial para a comprovação da conformidade do projeto com a PED. Os relatórios emitidos por esta entidade tiveram como objetivo atestar que os processos de fabrico, NDTs e testes de pressão respeitaram as normas e requisitos definidos, tanto a nível contratual como legal. Deste modo, a rastreabilidade dos materiais e a transparência das operações ficaram asseguradas em cada fase do projeto.

Durante as inspeções de fabricação, o NoBo verificou se os materiais utilizados correspondiam, efetivamente, aos certificados de origem e às especificações técnicas do projeto, conferindo a rastreabilidade garantida pelos documentos de receção e registo de lotes. Adicionalmente, foi realizada a supervisão de soldaduras, com observação direta das operações em curso, avaliação dos parâmetros de soldadura (corrente, tensão, velocidade de avanço, pré-aquecimento, entre outros) e verificação da aderência às WPSs qualificadas. Esta abordagem permitiu uma deteção precoce de eventuais não conformidades técnicas, que poderiam comprometer a integridade das juntas sob pressão.

No que respeita aos NDTs, os relatórios do NoBo incluíram a análise dos resultados de radiografia, ultrassons ou líquidos penetrantes, com cruzamento dos dados obtidos com os critérios de aceitação determinados pela EN ISO 5817 ou pela EN ISO 10675-1, consoante a natureza e a criticidade da junta em avaliação. A conformidade com estes critérios assegurou a inexistência de descontinuidades que pudessem vir a afetar o desempenho do sistema de tubagem em serviço [33, 39].

Por fim, o NoBo também participou nos ensaios de pressão, nomeadamente nos ensaios hidrostáticos, onde supervisionou a correta montagem dos equipamentos de medição, confirmando a calibração dos manómetros e a conformidade dos procedimentos de teste. A aprovação final baseou-se na ausência de fugas, deformações permanentes ou quaisquer outros sinais de falha estrutural, indicando que a tubagem estava apta a operar segundo as condições de projeto definidas. Só então foi emitido o parecer favorável, integrando-se essa documentação no Dossier de Qualidade da obra, atestando a segurança e a fiabilidade global do sistema de tubagens sujeito à PED.

4.3.2.5 Declaração de Conformidade e Marcação CE

Com a conclusão satisfatória das etapas de fabrico, montagem e realização de ensaios, e, após a verificação final por parte do NoBo, a Mecwide emitiu a Declaração de Conformidade de acordo com a PED[23]. Este documento confirma que a instalação cumpre todos os requisitos essenciais de segurança definidos na diretiva, atestando a aptidão da tubagem para operar dentro dos limites de pressão e temperatura estabelecidos.

Na sequência desta aprovação, procedeu-se à aplicação da Marcação CE na tubagem, acompanhado do número de identificação atribuído pelo NoBo, seguindo o disposto nos regulamentos comunitários. Foi igualmente afixada uma placa de identificação, na qual figuram dados como o nome do fabricante (Mecwide), a pressão máxima admissível, a temperatura de operação, a data de fabrico e o número de série [23]. Este procedimento assegurou a plena rastreabilidade do equipamento, bem como a sua conformidade formal com a legislação europeia em vigor.

4.3.2.6 Análise

O projeto PCL22106 atingiu plenamente os objetivos técnicos, normativos e de segurança estabelecidos. A tubagem, submetida a todos os ensaios e inspeções exigidos, demonstrou conformidade com as normas aplicáveis e obteve a aprovação do NoBo, fator crucial para a emissão da Declaração de Conformidade e subsequente aplicação da Marcação CE. A BioWanze manifestou satisfação com a qualidade dos trabalhos e o profissionalismo evidenciado pela equipa da Mecwide, reforçando a reputação da empresa no setor industrial.

No plano das aprendizagens e benefícios resultantes do projeto, destaca-se a integração de esforços entre a Vyncke NV e a BioWanze, que proporcionou uma compreensão mais aprofundada dos sistemas e as suas sinergias, bem como o reforço da gestão de conformidade no âmbito da PED. Adicionalmente, a cooperação multidisciplinar entre as diversas equipas (engenharia, qualidade, subcontratados e operador final) fomentou melhores competências de coordenação e comunicação, habilitando a Mecwide a enfrentar de forma cada vez mais eficaz projetos de elevada complexidade.

4.3.3 PCL21267 – Sonangol - Falcão 2

O projeto PCL21267, adjudicado pela empresa estatal angolana Sonangol, consistiu na instalação de um sistema de tubagem para expansão da unidade de processamento de gás natural designada Falcão 2. Esta unidade reveste-se de grande importância estratégica para a Sonangol, pois processa gás e petróleo em condições operacionais extremamente exigentes, caracterizadas por pressões e temperaturas elevadas, bem como ambientes altamente corrosivos (Figura 4.42). A Mecwide, enquanto contratada em regime de EPCC (*Engineering, Procurement, Construction and Commissioning*), foi responsável por todas as fases do projeto, desde a conceção de engenharia até à execução e comissionamento, assumindo também a coordenação de disciplinas diversas, tais como civil, E&I (Eletricidade e Instrumentação) e controlo de qualidade.

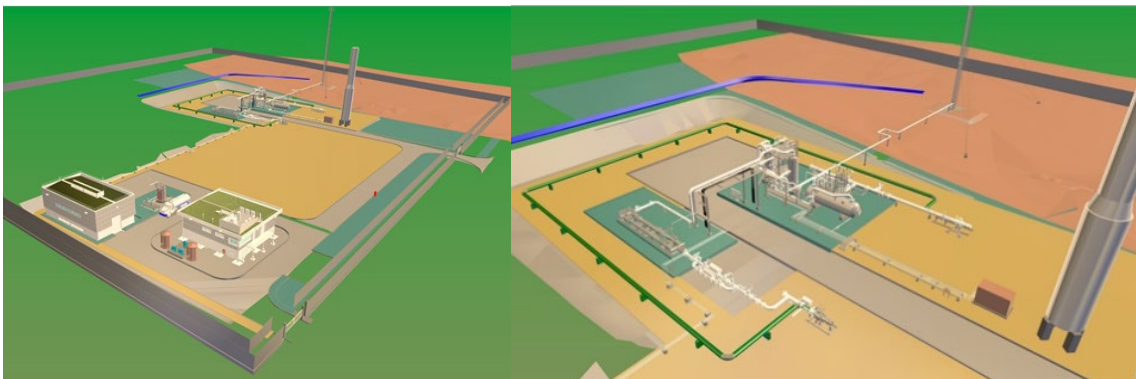


Figura 4.42 – Imagens proveniente do ficheiro 3D das Instalações.

O objetivo principal desta empreitada foi a criação de uma unidade de receção e distribuição de gás natural, integrando novas tubagens, equipamentos auxiliares e estruturas de suporte. Em virtude do enquadramento setorial — com ênfase nas instalações de óleo e gás — adotaram-se as normas ASME e API (*American Petroleum Institute*) mais especificamente os códigos ASME B31.3 (*Process Piping*) e API 570 (*Piping Inspection Code*) como principais referências técnicas. Para enfrentar as condições de serviço rigorosas, recorreu-se a aço carbono ASTM A106 (*Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service*) em específico o Grau B, reconhecido pela sua aptidão para altas pressões e temperaturas. A seleção deste material foi alicerçada em critérios relativos à resistência mecânica, temperatura de operação e capacidade de suportar eventuais fenómenos de corrosão.

Tendo em conta o ambiente desafiador, a Mecwide estabeleceu processos de gestão documental específicos, concebidos para acompanhar o elevado volume de disciplinas e tarefas necessárias à implantação do projeto. Em paralelo, houve a necessidade de implementar procedimentos de controlo de qualidade anticorrosivo, indispensáveis para assegurar a durabilidade das tubagens, sobretudo em zonas expostas a atmosferas agressivas ou a contactos com fluidos corrosivos.

Em síntese, o PCL21267 configurou-se como um projeto de alta complexidade, envolvendo diversos agentes e exigindo uma coordenação estreita entre equipas multidisciplinares. A abordagem EPCC permitiu uma visão global de todas as fases — engenharia, aprovisionamento, construção e comissionamento —, assegurando que os requisitos técnicos, normativos e de segurança fossem cumpridos em cada etapa, de modo a garantir uma instalação final fiável e duradoura no contexto industrial angolano.

4.3.3.1 Codificação de Documentos

A elevada quantidade e diversidade de documentos associados ao projeto PCL21267 tornaram imprescindível a adoção de um Sistema de Codificação criterioso, de modo a facilitar a organização, a rastreabilidade e o controlo de versões. Com este objetivo, a Mecwide desenvolveu um código alfanumérico onde se distinguiam aspetos como o tipo de documento, a disciplina técnica, a fase do projeto e a revisão em vigor. Por exemplo, o código GRDU-MWP-SK05-QA-ITP-00-001-A1 identifica o projeto de *Gas Reception and Distributing Unit* (GRDU), a empresa emissora (MWP – Mecwide Portugal), o equipamento ou área *Skid 5* (SK05), a disciplina, por exemplo, *Quality Assurance* (QA), o tipo de documento, aqui era um *Inspection and Test Plan* (ITP), o número sequencial 00-001 e, por fim, a revisão A1 (Primeira emissão). Esta estrutura padronizada permitiu que todas as equipas envolvidas tivessem uma perceção clara da finalidade e estado de cada ficheiro, melhorando a comunicação e a eficiência do fluxo de trabalho [2, 5].

No que respeita à gestão documental, implementou-se um Software DMS (*Document Management System*) para assegurar o armazenamento eletrónico e o controlo de acessos, bem como a disponibilização de versões atualizadas a todos os utilizadores autorizados. Nesta linha, foram definidos fluxos de aprovação para a submissão, revisão, aprovação e posterior distribuição dos documentos, de modo a garantir que cada iteração fosse validada pelos responsáveis adequados antes de se avançar para a fase seguinte.

Integração com a Plataforma iDeals

Dadas as especificidades do projeto PCL21267, recorreu-se ainda à plataforma iDeals, uma *Virtual Data Room* (VDR) capaz de suportar processos mais exigentes de confidencialidade e colaboração [20, 21]. Através deste sistema, foi possível:

- Garantir o Acesso Controlado: Cada utilizador dispunha de permissões específicas, assegurando que apenas as equipas ou subcontratados devidamente autorizados pudessem consultar ou editar determinados documentos.

- Aplicar Marcas de Água Dinâmicas: Ao visualizar ou imprimir os ficheiros, a plataforma adicionava informações como data, hora e utilizador, reforçando a segurança e dissuadindo potenciais fugas de informação.
- Gerir Versões e Aprovações: O iDeals mantinha um registo detalhado das modificações efetuadas em cada documento e facilitava a submissão de aprovações ou comentários em tempo real, agilizando a comunicação entre a Mecwide e o cliente.
- Auditoria e Relatórios: A plataforma gerava relatórios de atividade que permitiam rastrear quem acedeu a cada ficheiro, quando o fez e quais ações foram praticadas, oferecendo transparência e suporte em eventuais auditorias ou litígios [20].

A adoção do iDeals, aliada ao sistema de codificação e ao DMS interno, assegurou não só uma rastreabilidade integral de toda a documentação — desde a elaboração de desenhos e procedimentos até à emissão de relatórios de inspeção e controlo de qualidade —, mas também a segurança dos dados em cada etapa do projeto. Este arranjo organizacional demonstrou-se particularmente valioso num contexto de grande complexidade, como o da unidade de processamento de gás natural em Angola, onde diferentes disciplinas (Engenharia, QA/QC, Construção, E&I) necessitavam de um acesso rigoroso e simultâneo a informação atualizada e fiável.

4.3.3.2 Aplicação de Revestimentos Anticorrosivos

A proteção anticorrosiva assumiu especial relevância na execução do projeto PCL21267, dada a proximidade com áreas costeiras e a possível presença de compostos como ácido sulfídrico (H_2S). Estas condições configuraram um cenário classificado como Categoria de Corrosividade C5-M (Marinha), segundo a ISO 12944-2 [40]. Para responder a este ambiente agressivo, procedeu-se à seleção de sistemas de revestimento com camadas sucessivas, incluindo um primário de zinco epóxi, um intermediário epóxi micáceo e um acabamento poliuretano alifático, garantindo, respetivamente, proteção catódica, barreira contra a penetração de água e oxigénio, e resistência aos raios UV.

Antes da aplicação das tintas, a preparação das superfícies revelou-se determinante para a adesão e eficácia do revestimento. Nesse sentido, efetuou-se uma limpeza profunda das tubagens para remoção de óleos, gorduras e outras substâncias contaminantes, seguindo-se a decapagem até grau SA 2½, depois comprovada através de um padrão como visível na Figura 4.43 com o intuito de alcançar o perfil de rugosidade adequado (aproximadamente 50-75 μm)[41].

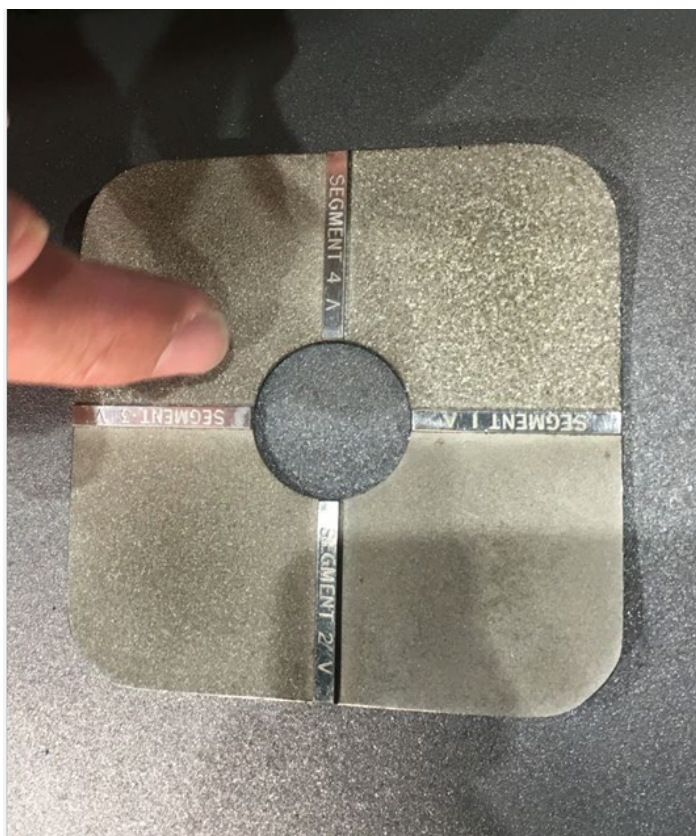


Figura 4.43 - Grau de Preparação da Superfície.

As condições de aplicação foram escrupulosamente controladas, respeitando as recomendações do fabricante quanto a parâmetros de temperatura e humidade, bem como os intervalos de secagem e repintura entre demãos, para além disso, para prevenir contaminação, as tubagens de cor igual foram isoladas e pintadas separadamente (Figura 4.44).



Figura 4.44 - Área e condições de trabalho.

Do ponto de vista do controlo de qualidade, recorreu-se a inspeções visuais, medição de espessuras (Figura 4.45) e ensaios de aderência (*pull-off tests*), destinados a confirmar a ausência de defeitos, como bolhas, escorrimentos ou fissuras.

Estes procedimentos permitiram validar a integridade e a uniformidade das camadas de pintura em diversos pontos representativos, registando-se os valores de espessura seca em cada zona. A adoção de um sistema de pintura robusto, aliado a inspeções contínuas, assegurou a proteção das tubagens contra fenómenos de corrosão, maximizando a longevidade e a fiabilidade operacional do sistema.



Figura 4.45 - Medição de Espessuras Secas.

4.3.3.3 Conclusão Mecânica

A etapa de Conclusão Mecânica ou *Mechanical Completion* constitui um marco na conclusão de projetos industriais, indicando que as instalações mecânicas foram montadas e inspecionadas de acordo com as especificações contratuais e normativas. No PCL21267, este processo envolveu:

- Verificações Finais

Para garantir a conformidade de cada subsistema, elaboraram-se *checklists* de conclusão, que confirmavam se as tubagens, suportes, válvulas e instrumentos estavam devidamente instalados, bem como se os testes funcionais (operação de válvulas, sistemas de instrumentação e equipamentos) correspondiam às condições de projeto.

- *Punch List*

Durante a fase de *Mechanical Completion*, foi gerada uma lista de pendências (*punch list*), identificando eventuais inconformidades ou itens por concluir. A resolução dessas pendências implicou um planeamento detalhado das ações corretivas, envolvendo a coordenação entre equipas de qualidade, montagem e supervisão.

- Entrega Formal

Após a correção integral das inconformidades, emitiu-se o Certificado de *Mechanical Completion*, atestando a conclusão das instalações mecânicas e formalizando a transição para a fase de comissionamento. Deste modo, a unidade de receção e distribuição de gás natural pôde ser submetida a testes operacionais, validando-se o desempenho do sistema em condições semelhantes às de serviço real (Figura 4.46).

A atribuição deste certificado final reiterou a conformidade dos trabalhos com os procedimentos e normas definidas no início do projeto, demonstrando a robustez dos processos de controlo da Mecwide e a fiabilidade dos subsistemas críticos no exigente ambiente petrolífero de Angola.



CERTIFICADO DE CONCLUSÃO MECÂNICA

Adilson da Conceição Alberto, na qualidade de Coordenador de Projeto, vem pelo presente documento certificar que a Mecwide Angola S.A. cumpriu com todos os requisitos Contratuais e seus documentos anexos, nomeadamente, normas técnicas, desenhos e regulamentos aplicáveis. Certifica ainda que todos os trabalhos das diversas especialidades foram alvo de testes, ensaios e verificações, validadas pela Fiscalização e pela Third Party Authority.

Por ser verdade o acima exposto, é passado o presente **Certificado de Conclusão Mecânica** em duplicado ficando um exemplar na posse da Sonangol Gas Natural, Lda e outro na posse da Mecwide Angola S.A.




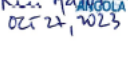






<p>Mecwide Angola Nome Name: <u>Michal I. Pinto</u> Função Role: <u>QA/QC Manager</u> Data Date: <u>30/10/23</u> Assinatura Signature:  Carimbo Stamp: </p>	<p>Mecwide Angola Nome Name: <u>Rui Matos</u> Função Role: <u>Project Manager</u> Data Date: <u>30/10/23</u> Assinatura Signature:  Carimbo Stamp: </p>
<p>Bureau Veritas (TPA) Nome Name: <u>Ricardo Bessa</u> Função Role: <u>TPA Manager</u> Data Date: <u>30/10/23</u> Assinatura Signature:  Carimbo Stamp: </p>	<p>Fiscalização Nome Name: <u>Pedro Marques</u> Função Role: <u>Construction Manager</u> Data Date: <u>30/10/23</u> Assinatura Signature:  Carimbo Stamp: </p>
<p>Dono de Obra Nome Name: <u>Adilson Alberto</u> Função Role: <u>Engineering Manager</u> Data Date: <u>30/10/23</u> Assinatura Signature:  Carimbo Stamp: </p>	

Figura 4.46 - Certificado de Conclusão Mecânica.

4.3.3.4 Análise

A concretização do projeto PCL21267 – Sonangol Falcão 2 revelou um conjunto de desafios significativos, decorrentes da abrangência do próprio empreendimento, que integrou múltiplas disciplinas (Mecânica, Construção Civil, E&I) num modelo EPCC. A implementação de um sistema de codificação documental detalhado mostrou-se essencial para manter a rastreabilidade de cada item, desde os materiais iniciais até às etapas de controlo de qualidade e entrega final.

A vertente de controlo anticorrosivo assumiu relevância central, este processo exigiu um planeamento minucioso na preparação e inspeção das superfícies, bem como na supervisão de subcontratados especializados em pintura industrial.

Outro ponto de complexidade residiu na coordenação de equipas distribuídas, atendendo à dimensão geográfica do projeto e às especificidades do setor petrolífero em Angola.

A gestão global do cronograma constituiu igualmente um fator crítico para o sucesso, uma vez que a logística de transporte de componentes e equipamentos — frequentemente a partir de locais distintos — implicou prazos de entrega variáveis e sujeitos a condicionantes alfandegárias e de importação locais. Nesse sentido, o planeamento prévio e a mitigação de riscos associados a eventuais atrasos na entrega de materiais ou na obtenção de aprovações externas mostraram-se indispensáveis para garantir o cumprimento das datas de comissionamento.

Em síntese, o projeto PCL21267 comprovou a importância de conjugar robustos sistemas de gestão documental, procedimentos de controlo anticorrosivo e uma comunicação eficaz entre equipas e subcontratados, num ambiente industrial marcado pela elevada complexidade técnica e por exigências de segurança de grande rigor. A adoção de boas práticas nestas áreas, associada à flexibilidade para lidar com condicionantes logísticas e culturais, contribuiu de forma decisiva para o sucesso da unidade de receção e distribuição de gás natural no exigente contexto angolano.

Página intencionalmente deixada em branco

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1 Conclusões

A experiência proporcionada pelo estágio na Mecwide S.A. representou um marco relevante na consolidação e aplicação de conhecimentos obtidos ao longo de todo o percurso acadêmico. A participação em projetos industriais de grande dimensão, como o PCL21367, o PCL22106 e o PCL21267, demonstrou as exigências práticas dos projetos industriais caracterizados pela complexidade técnica e pela necessidade de integração efetiva de equipas multidisciplinares. O ênfase na revisão documental e processual permitiu evidenciar o papel crucial da gestão eficiente da informação em cenários de elevada competitividade e rigor normativo, tendo sido fundamentais as plataformas de suporte, tais como Microsoft SharePoint, Microsoft Planner e iDeals, para assegurar a organização, a rastreabilidade e a segurança dos documentos.

A aplicação rigorosa de normas internacionais, incluindo a EN 13480, o código ASME B31.3 e a Diretiva de Equipamentos sob Pressão (2014/68/EU), reforçou a importância de estabelecer procedimentos claros na garantia e controlo da qualidade. A elaboração de planos de inspeção e ensaios, a qualificação de procedimentos de soldadura e a gestão de ensaios não destrutivos demonstraram-se elementos fulcrais para manter padrões elevados de segurança e conformidade nas instalações industriais. A coordenação de subcontratados e equipas de trabalho, sobretudo em projetos com abrangência internacional, evidenciou a necessidade de competências de gestão que vão além da vertente técnica, valorizando a comunicação e a liderança.

A possibilidade de envolvimento num projeto de natureza EPCC no setor petrolífero angolano, permitiu contextualizar o papel de todas essas disciplinas numa instalação industrial, alargando a visão profissional de um projeto de tubagem para a construção de uma instalação, em paralelo todos os projetos evidenciaram a relevância da capacidade de adaptação a condições operacionais severas, como pressões e temperaturas elevadas ou ambientes corrosivos. O contato com diversos materiais avançados, nomeadamente 16Mo3 e aços ligados como o A335 P22 e P91, permitiu expandir o conhecimento sobre propriedades mecânicas e metodologias de soldadura, realçando o valor do aperfeiçoamento contínuo das capacidades técnicas.

Ainda que o estágio tenha garantido uma aquisição sólida de competências, podem ser apontadas algumas limitações, designadamente o foco privilegiado na área de tubagens e de soldadura, que poderá restringir a aplicação de determinados conceitos em outros setores da engenharia mecânica. A dimensão dos projetos analisados, associada à dispersão geográfica de equipas, constituiu por vezes um entrave ao acompanhamento presencial de todas as etapas. Além disso, a elevada dependência de ferramentas

digitais requer um investimento constante na atualização tecnológica, assim como um quadro de colaboradores com habilidades adequadas para lidar com essas plataformas.

5.2 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, seria vantajoso explorar novas abordagens de digitalização de processos, por exemplo através de sistemas integrados de gestão documental associados a tecnologias de análise de dados e inteligência artificial, com o intuito de prever falhas ou identificar potenciais não conformidades antes que estas se manifestem. Recomenda-se igualmente o aprofundamento do estudo de procedimentos de soldadura inovadores, como os métodos automatizados ou robotizados, passíveis de otimizar a produção e reduzir a exposição dos operadores a condições potencialmente agressivas.

Em conclusão, a vivência no Departamento de Qualidade da Mecwide S.A. reforçou a percepção sobre a responsabilidade dos profissionais de engenharia na criação de soluções seguras e sustentáveis, evidenciando a importância de práticas organizadas de controlo documental e de qualidade para o sucesso dos empreendimentos industriais. O compromisso com a formação contínua em normas, gestão de projetos e novas tecnologias mantém-se como fator decisivo para a capacidade competitiva num mercado em permanente transformação.

Referências bibliográficas

- [1] L. Edwards, *Document Control: A Guide for Quality Management Systems*. Chicago, IL: Paton Professional, 2004.
- [2] F. B. Watts, *Engineering Documentation Control Handbook*. Norwich, NY: William Andrew Publishing, 2015.
- [3] Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 7^a. Newtown Square, PA: PMI, 2017.
- [4] F. Gould e N. Joyce, *Construction Project Management*, 4^a. Boston, MA: Pearson, 2014.
- [5] B. Wiggins, *Effective Document and Data Management: Unlocking Corporate Content*. Aldershot, UK: Gower Publishing, 2000.
- [6] G. Hutchins, *ISO 9001: 2015 and Beyond*. Ventura, CA: CERM Academy, 2015.
- [7] European Standard, *EN 13480-4: Metallic industrial piping - Part 4: Fabrication and installation*. BSI Standards Limited 2017, 2017.
- [8] European Standard, *EN 13480-5: Metallic industrial piping - Part 5: Inspection and testing*. BSI Standards Limited 2017, 2017.
- [9] ASME, *ASME B31.3 - Process Piping*, B31.3. New York, 2021. Disponível em: <http://go.asme.org/B31committee>.
- [10] «ISO 9001:2015 Quality Management Systems – Requirements», Geneva, Switzerland, 2015.
- [11] International Organization for Standardization, *ISO 3834-1: Quality requirements for fusion welding of metallic materials- Part 1: Criteria for the selection of the appropriate level of quality requirements*, 2.^a ed. 2005. Disponível em: www.iso.org
- [12] International Organization for Standardization, «ISO 3834-2: Quality requirements for fusion welding of metallic materials-Part 2: Comprehensive quality requirements», Dez. 2005.
- [13] International Organization for Standardization, *ISO 15489-1: Information and documentation - Record management- Part 1: Concepts and principles*. 2016.
- [14] M. Alsomar, S. Alsaleh, e S. Khan, «SharePoint-based collaboration platform for academic institutions», *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, n. 8, pp. 147–153, 2019, doi: 10.14569/IJACSA.2019.0100817.
- [15] A. Hazza e M. M. Jamali, «Document management and collaboration in SharePoint», *Journal of Information & Knowledge Management*, vol. 18, n. 2, 2019, doi: 10.1142/S0219649219500173.

- [16] K. Nishimura, «Enterprise Collaboration with Microsoft SharePoint», *Microsoft Press*, Redmond, WA, 2019.
- [17] S. Li e M. Allen, «Enhancing Collaboration with Microsoft Planner in Project Management», *Journal of Collaborative Tools*, vol. 7, n. 2, pp. 89–99, 2021.
- [18] Microsoft, «Microsoft Planner Documentation», <https://docs.microsoft.com/en-us/microsoft-365/microsoft-planner/>.
- [19] T. H. Kim, «Task Management in Cloud-Based Tools: A Case Study on Microsoft Planner», *International Journal of Project Management*, vol. 35, n. 9, pp. 164–173, 2020.
- [20] iDeals Solutions Group, «iDeals Virtual Data Room: Product Overview», <https://www.idealsvdr.com>.
- [21] T. Brown, «Maximizing security and efficiency in M&A transactions with virtual data rooms», *Journal of Corporate Transactions*, vol. 2, n. 4, pp. 45–53, 2022.
- [22] International Organization for Standardization, «ISO 9712: Non-destructive testing- Qualification and certification of NDT personnel», Jun. 2012.
- [23] EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, *Pressure Equipment Directive 2014/68/EU*. Official Journal of the European Union, 2014.
- [24] ASTM Committee, «A335/A335M - Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service», 1 de Setembro de 2015, *ASTM International, West Conshohocken, PA*. doi: 10.1520/A0335_A0335M-15A.
- [25] European Standard, *EN 10204: Metallic products-Types of inspection documents*. 2004.
- [26] International Organization for Standardization, *ISO 10005: Quality management systems- Guidelines for quality plans*. 2005.
- [27] International Organization for Standardization, *EN ISO 15614-1: Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure test. Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys*. BSI Standards Limited 2017, 2019.
- [28] International Organization for Standardization, *ISO 9606-1: Qualification testing of welders- Fusion welding, Part 1: Steels*. 2012.
- [29] International Organization for Standardization, «ISO 17636-1: Non-destructive testing of welds-Radiographic testing- Part 1: X-and gamma-ray techniques with film», Jul. 2022. Disponível em: www.iso.org
- [30] International Organization for Standardization, «ISO 3452-1: Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General principles», 2014.
- [31] International Organization for Standardization, «ISO 17637: Non-destructive testing of welds-Visual testing of fusion-welded joints», Dez. 2016. Disponível em: www.iso.org

- [32] International Organization for Standardization, «ISO 17638: Non-destructive testing of welds- Magnetic particle testing», Out. 2016. Disponível em: www.iso.org
- [33] International Organization for Standardization, *EN ISO 5817: Welding - Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections*. British Standards Institution, 2023.
- [34] International Organization for Standardization, *ISO 12944-1: Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems, Part 1: General introduction*. 2017.
- [35] European Standard, *EN 10216-2: Seamless steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 2: Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties*. BSI Standards, 2013.
- [36] International Organization for Standardization, «ISO 15609-1: Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification - Part 1: Arc welding», Out. 2004. Disponível em: www.iso.org
- [37] International Organization for Standardization, «ISO 17640: Non-destructive testing of welds-Ultrasonic testing-Techniques, testing levels, and assessment», Dez. 2010.
- [38] International Organization for Standardization, «ISO 17635: Non-destructive testing of welds - General rules for metallic materials», Dez. 2016. Disponível em: www.iso.org
- [39] International Organization for Standardization, «ISO 10675-1: Non-destructive testing of welds - Acceptance levels for radiographic testing - Part 1», 2021. Disponível em: www.iso.org
- [40] International Organization for Standardization, *ISO 12944-2: Paint and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 2: Classification of environments*. 2012.
- [41] International Organization for Standardization, «ISO 8501-1: Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness», Mai. 2007. Disponível em: www.iso.org