

Gestão de Obra - Inovação dos Materiais e das Tecnologias de Construção

Pedro Henrique Santos de Carvalho

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Hipólito José Campos de Sousa

Coorientador: Pedro Nuno Meda Magalhães

Julho de 2025

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2024/2025

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil – 2024/2025 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2025*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Agradeço às adversidades por me terem esculpido e
àqueles que me ajudaram a enfrentá-las,
principalmente à minha família.

“Quando as tempestades rugem, o homem descobre do que é feito.”

William Shakespeare

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente à minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio incondicional ao longo de toda esta jornada. Aos meus amigos, pela companhia e incentivo, e aos colegas que encontrei durante o estágio, que me acolheram de forma exemplar e contribuíram significativamente para a minha integração e preparação para o mundo do trabalho. Expresso também a minha sincera gratidão ao meu coorientador, pela orientação e ajuda fundamentais na fase final desta dissertação.

A todos, o meu muito obrigado!

RESUMO

Esta Dissertação foi realizada em ambiente empresarial, na empresa Mota-Engil, e tem assim um carácter de distinção aplicado. Foi realizada tendo como objeto de estudo o edifício Aurios, Porto, promovida pelo grupo Emerge Mota-Engil Real Estate.

A presente Dissertação incide sobre a inovação dos materiais e das tecnologias de construção numa perspetiva da gestão de obra, considerando os aspetos de projeto e de execução, e estruturando-se em torno dos objetivos e desafios essenciais das construções. Tendo em consideração o carácter inovador da obra em análise, é dada ênfase a um conjunto predefinido de materiais e soluções técnicas que têm enquadramento nos objetivos da sustentabilidade das construções. Paralelamente, e numa lógica dos processos de controlo de gestão, desenvolvem-se análises sobre a introdução de inovações tecnológicas, designadamente um software de gestão para apoio a um conjunto de atividades. Em ambas as situações, o objetivo é a avaliação dos impactos no processo de gestão de obra e a análise das diferenças entre soluções inovadoras e tradicionais.

É realizada uma revisão da literatura nos capítulos referentes à gestão de obra e à inovação a qual permite contextualizar o tema, proceder à identificação dos principais fundamentos teóricos e apoiar a análise desenvolvida no caso de estudo.

No caso de estudo, o empreendimento é apresentado sob diferentes perspetivas: física, arquitetónica, organizacional, tecnológica (com foco nas inovações aplicadas) e de gestão, com destaque para a utilização de software especializado. A ausência de dados técnicos específicos das soluções inovadoras identificadas no empreendimento levou à obtenção de informações complementares junto dos fornecedores e outros empreendimentos onde as mesmas foram aplicadas para proceder à análise comparativa entre as inovações e as suas respetivas soluções tradicionais tendo em conta os critérios definidos. A análise do software de gestão de obra neste estudo não envolve comparação com outras ferramentas. Baseia-se na apresentação do software complementada por um inquérito a profissionais da obra em questão e de outros empreendimentos. Os dados obtidos foram analisados para compreender o impacto do software na gestão da obra.

Tendo em conta os resultados obtidos, conclui-se que as soluções inovadoras envolvem maiores exigências e recursos financeiros. Contudo revelam-se claramente superiores e viáveis em função dos diversos critérios avaliados, destacando-se especialmente pela sua contribuição para uma gestão de obra mais sustentável e valorização dos imóveis. Adicionalmente, relativamente aos processos de gestão da construção, as novas tecnologias utilizadas, especialmente a plataforma *Procore*, demonstra ser uma ferramenta eficaz, facilitando significativamente o planeamento, controlo e execução da obra.

Palavras-Chave: Gestão de obra, Inovação, Tecnologia, Software de gestão de obra, Sustentabilidade, Estudo de Caso.

ABSTRACT

This dissertation was conducted in a business environment, within the company Mota-Engil, and therefore possesses an applied research character. The study focuses on the Aurios construction process in Porto, promoted by the Emerge Mota-Engil Real Estate group.

It addresses construction management by considering both design and execution aspects, structured around key questions that guide the understanding of processes and challenges, with a particular emphasis on technological and construction solutions innovation. Special focus is given to the implementation of construction management software and various green and innovative technological solutions. The aim is to analyze construction management from the perspectives of technological and products innovation, exploring how these impact different performance indicators through a practical case study and a comparison between innovative and traditional approaches.

A comprehensive literature review on construction management and innovation was carried out, contextualizing the topic, identifying key theoretical foundations, and supporting the analysis developed in the case study.

The case study is presented from multiple perspectives: physical, architectural, organizational, technological (with emphasis on applied innovations), and management processes development, highlighting the use of specialized software. Due to the lack of specific technical data on the innovative solutions applied in the project, additional information was gathered from suppliers and other projects that implemented similar solutions. This enabled a comparative analysis between the innovative and traditional approaches, based on defined criteria.

The analysis of the construction management software does not involve benchmarking with other tools. Instead, it is based on the tool's presentation and a questionnaire conducted with professionals involved in the project and in the tool adoption inside the company. The data collected was analyzed to understand the software's impact on construction management and stakeholder's impression in terms of adoption.

The findings indicate that innovative solutions entail greater demands in terms of requirements and financial resources. Nevertheless, they prove to be both viable and adding gains across the criteria evaluated, particularly due to their contribution to more sustainable construction management and the added value conferred to real estate assets. Furthermore, regarding management processes, the technological tools adopted, most notably, the *Procore* platform, demonstrated a high degree of effectiveness, significantly enhancing the planning, control, and execution of construction projects.

Keywords: Construction Management, Innovation, Technology, Construction Management Software, Sustainability, Case Study.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO.....	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
ÍNDICE DE EQUAÇÕES	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA- A GESTÃO DE OBRAS E A INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	1
1.1.1 Breve introdução da empresa e do empreendimento	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	1
1.3. METODOLOGIA E MÉTODOS	2
1.4. ORGANIZAÇÃO	3
2. GESTÃO DE OBRA.....	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. FUNDAMENTOS DA GESTÃO DE OBRA.....	5
2.3. O PAPEL DO GESTOR DE OBRA	9
2.4. DIMENSÕES DA GESTÃO DE OBRA: IMPORTÂNCIA E DESAFIOS	9
2.4.1. Custos	10
2.4.2. Prazos.....	11
2.4.3. Qualidade.....	12
2.4.4. Segurança e Saúde no Trabalho (SST)	13
2.4.5. Recursos	14
2.4.6. Comunicação e coordenação	14
2.4.7. Sustentabilidade	16
3. INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	17
3.1. INTRODUÇÃO	17
3.2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: A VOZ DA EXPERIÊNCIA CONTA UMA HISTÓRIA	17
3.3. IMPORTÂNCIA DE INOVAR - ESTRATÉGIAS, METAS E APOIO DA UNIÃO EUROPEIA, UMA VISÃO GERAL- <i>TRANSITION PATHWAY</i>	18
3.3.1. Competitividade.....	19
3.3.2. Competências e talento	19
3.3.3. Quadro facilitador	20
3.3.4. Investigação, Inovação e Tecnologia	21
3.3.5. Financiamento	22
3.3.6. Garantia Ambiente construído justo e seguro.	22
3.3.7. Síntese	22

3.4. DINÂMICAS/VETORES DA INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	24
3.4.1. Inovação Tecnológica	24
3.4.2. Inovação Digital	24
3.4.3. Inovação Verde	25
3.4.4. Inovação Organizacional.....	25
3.5. NECESSIDADE DE INOVAÇÃO CONSTANTE: DESAFIOS PRESENTES	25
3.6. PORTUGAL: POSIÇÃO EUROPEIA NA INOVAÇÃO E TECNOLOGIAS ADOTADAS, PROGRAMAS COM FOCO NA INOVAÇÃO	26
3.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO DA INOVAÇÃO E RELAÇÃO COM A GESTÃO DE OBRA	29
4. CASO DE ESTUDO	31
4.1. INTRODUÇÃO	31
4.2. O EMPREENDIMENTO AURIÓS	31
4.2.1. Organização e Hierarquização das envolventes espaciais das frações presentes no empreendimento	33
4.2.2. Relação Interior–Exterior e Conforto Ambiental	36
4.2.3. Materiais, Revestimentos e Acabamentos	38
4.2.4. Equipamentos, Tecnologia e Funcionalidade	40
4.3. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E FUNÇÕES DE CADA INDIVÍDUO NO CONTEXTO DE OBRA	40
4.4. PARTICIPAÇÃO EM PROCESSOS DE GESTÃO DE OBRA.....	43
4.4.1. Autos de Medição	43
4.4.2. Vistorias.....	45
4.4.3. Gestão dos resíduos gerados em obra	46
4.4.4. BAME ´S.....	47
4.4.5. Segurança em Obra	48
4.4.6. Comunicação	48
4.4.7. Organização.....	48
4.5. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E CONSTRUTIVAS NO EMPREENDIMENTO AURIÓS	48
4.5.1. Coletor solar Fotovoltaico- Descrição Técnica e Incorporação em Obra	50
4.5.1.1. Apresentação	50
4.5.1.2. Funcionalidade	51
4.5.2. Agregados Artificiais de Escórias de Incineração de Resíduos Urbanos (AEIRU)	53
4.5.2.1. Apresentação	53
4.5.2.2. Produção e armazenamento	53
4.5.2.3. Processo de tratamento para obtenção do produto final, AEIRU	54
4.5.2.4. Aplicação do AEIRU, Desafios e Vantagens.....	56
4.5.3. Coberturas Verdes	57
4.5.3.1. Introdução	57
4.5.3.2. Sistema Projar	57
4.5.3.3. Apresentação do material	58
4.5.3.4. Fases de execução	59
4.8. DIGITALIZAÇÃO DA GESTÃO DE OBRA: O CASO DO PROCORE COMO INOVAÇÃO	66
4.8.1. Introdução.....	66

4.8.2. Daily log.....	66
4.8.3. Submittals	66
4.8.4 RFI´s	67
4.8.5. Drawings	67
4.8.6. Punch List.....	68
4.8.7. Observations	68

5. ANÁLISES-COMPARAÇÃO SOLUÇÕES INOVADORAS VS TRADICIONAIS E ADOÇÃO DE SISTEMAS DIGITAIS DE APOIO À GESTÃO..... 69

5.1. METODOLOGIA E ORIGEM DOS DADOS DAS SOLUÇÕES INOVADORAS	69
5.2. CRITÉRIOS DE COMPARAÇÃO	69
5.3. COLETORES SOLARES AUTOREGULÁVEIS VS. COLETORES TRADICIONAIS	70
5.3.1. Produção Energética	71
5.3.2. Integração Arquitetónica e Área Ocupada.....	73
5.3.3. Custos	75
5.3.4. LCOE (levelized cost of energy).....	76
5.3.5 Síntese	78
5.4. AGREGADOS ARTIFICIAIS DE ESCÓRIAS DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS (AEIRU) VS. AGREGADO NATURAL	82
5.4.1. Análise dos resultados	82
5.4.2. Síntese	86
5.5. COBERTURAS VERDES VS. COBERTURAS TRADICIONAIS.....	90
5.5.1. Processo de Monitorização e metodologia do estudo.....	92
5.5.2. Monitorização Energética	92
5.5.3. Monitorização Temperatura.....	93
5.5.4. Monitorização Condições Exteriores	94
5.5.5. Monitorização Hidráulica	94
5.5.6. Monitorização Qualidade da Água	94
5.5.7. Análise de Resultados.....	94
5.5.8 Síntese	101
5.6. PROCORE NO EMPREENDIMENTO AURÍOS	106
5.7. INQUÉRITO PROCORE.....	106
5.7.1. Metodologia.....	106
5.7.2. Introdução à análise	107
5.7.2. Apresentação dos resultados, apenas do Inquérito do Autor	108
5.7.3 Discussão Crítica face aos resultados	113

6. CONCLUSÃO 115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Dimensões da gestão de obra	10
Figura 2 - Importância da Comunicação	15
Figura 3 - Vetores da Inovação na construção civil.....	24
Figura 4 - Vista aérea empreendimento Auríos	32
Figura 5 - Planta com discriminação das áreas	33
Figura 6 - Planta piso 1 da Moradia exemplo	34
Figura 7 - Planta piso 0 da Moradia exemplo	35
Figura 8 - Fachada Moradia, empreendimento Auríos.....	36
Figura 9 - Visão da Cozinha para o deck, Apartamento	37
Figura 10 - Deck Moradia	37
Figura 11 - Sala de Estar	37
Figura 12 - Escadaria piso para piso 1	39
Figura 13 - Casa de banho.....	39
Figura 14 - Cozinha em forma de ilha.....	39
Figura 15 - Eletrodomésticos e equipamento adicional ao funcionamento.....	40
Figura 16 - Organograma de Obra	41
Figura 17 - Proposta de Auto do Fornecedor	44
Figura 18 - Tabela Excel de Apoio à execução do Auto.....	44
Figura 19 - Utilização do software para as vistorias	45
Figura 20 – BAME.....	47
Figura 21 - Soluções Inovadoras abordadas.....	49
Figura 22 - Visualização 2D do sistema de disposição das pérgulas e dos coletores	50
Figura 23 - Disposição dos coletores solares em obra	51
Figura 24 - Posições possíveis de instalação do equipamento	52
Figura 25 - Rotação das placas consoante o eixo de instalação do equipamento.....	52
Figura 26 - Processo de Obtenção da escória.....	54
Figura 27 - Aplicação do AEIRU	56
Figura 28 - Disposição de camadas, cobertura verde	58
Figura 29 - Esquema de camadas com os respetivos materiais na cobertura verde	59
Figura 30 - Limpeza da Cobertura	60
Figura 31 - Teste de estanqueidade	61
Figura 32 - Extensão das lâminas.....	61
Figura 33 - Aplicação elemento de drenagem.....	62
Figura 34 - Rega do elemento drenante para teste	62
Figura 35 - Aplicação do filtro em forma de manta	63
Figura 36 - Instalação de drenos	64
Figura 37 - Colocação do substrato.....	64
Figura 38 - Alocação do substrato por meio de BigBags	65
Figura 39 - Estrutura final da cobertura verde no empreendimento Auríos.....	65
Figura 40 - Gráficos complementares da Produção Energética HOTEL	72
Figura 41 - Gráficos complementares da Produção Energética SPA	73
Figura 42 - representação visual em Autocad, Tradicional	74
Figura 43 - representação visual em Autocad, Sunaitec.....	74
Figura 44 - Comparativa de custos totais das diferentes soluções para a zona de Hotel.....	75
Figura 45 - Comparativa de custos totais das diferentes soluções para a zona de SPA	75

Figura 46 - Comparativa Custo Final HOTEL.....	76
Figura 47 - Comparativa Custo Final SPA	76
Figura 48 - Comparativa de LCOE das duas soluções	78
Figura 49 - Planta do edifício e localização da Cobertura Verde.....	90
Figura 50 - Apresentação das camadas da Cobertura Invertida.....	91
Figura 51 - Áreas de atuação do Ar-condicionado	91
Figura 52 - Planta do edifício com a localização dos sensores.....	93
Figura 53 - gráfico das temperaturas ao longo de um dia para os dois tipos de cobertura no verão	95
Figura 54 - gráfico das temperaturas ao longo de um dia para os dois tipos de cobertura no inverno..	96
Figura 55 - Consumo de potência Comparativo entre as soluções no verão	98
Figura 56 - Consumo de potência Comparativo entre as soluções no Inverno.....	98
Figura 57 - Teste qualidade da água	100
Figura 58 - Teste qualidade da água	100
Figura 59 - Dispositivos utilizados para aceder ao software Procore, de acordo com os resultados do inquérito.....	108
Figura 60 - Funcionalidades do software Procore utilizadas pelos inquiridos	109
Figura 61 - Avaliação da adaptação dos inquiridos ao software Procore	109
Figura 62 - Experiência de falhas/problemas técnicos pelos inquiridos na utilização do Procore	110
Figura 63 - Avaliação do Impacto das falhas aos inquiridos	110
Figura 64 – Avaliação da opinião dos inquiridos sobre a capacidade do software para a gestão de complexas obras	111
Figura 65 - Avaliação da opinião dos inquiridos à forma como o Procore transforma positivamente a gestão dos projetos na empresa	112
Figura 66 - Recomendação do Procore pelos inquiridos	113

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fundamentos da Gestão de Obra.....	5
Tabela 2 - Fundamentos da gestão de Obra - Portugal Vs Europa.....	6
Tabela 3 - Síntese dos conteúdos abordados no Transition Pathway	23
Tabela 4 - Características das diferentes soluções construtivas nos diferentes locais.....	71
Tabela 5 - Produção Energética HOTEL.....	72
Tabela 6 - Produção Energética SPA.....	73
Tabela 7 - Tabela comparativa de diferentes parâmetros, relativamente às diferentes soluções construtivas	80
Tabela 8 - Ensaios comportamentais e valores- AEIRU e ABGE.....	83
Tabela 9 - Resultados de peneiração do AEIRU	84
Tabela 10 - Constituição AEIRU.....	84
Tabela 11 - Ensaio CBR imediato de acordo com o teor de água- AEIRU	84
Tabela 12 - Ensaio de Proctor Modificado- AEIRU.....	85
Tabela 13 - Tabela comparativa de diferentes parâmetros, relativamente às diferentes soluções construtivas	87
Tabela 14 - Pare Térmicos descrição e localização	93
Tabela 15 - Monitorização da energia na cobertura invertida	96
Tabela 16 - Monitorização da energia na cobertura verde.....	97
Tabela 17 - Resultados da monitorização hidráulica da cobertura convencional e da cobertura verde.	99
Tabela 18 - Tabela comparativa de diferentes parâmetros, relativamente às diferentes soluções construtivas	102

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - LCOE (LEVELIZED COST OF ENERGY).....	77
--	----

SÍMBOLOS, UNIDADES, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

RSU (Resíduos Sólidos Urbanos)

ITVE (Instalação de Tratamento e Valorização de Escórias)

CE (*Conformité Européenne*)

ABGE (Agregado Britado de Granulometria Extensa)

AEIRU (Agregados Artificiais de Escórias de Incineração de Resíduos Urbanos)

LCOE (*levelized cost of energy*)

CSP (*Concentrated Solar Power*)

RCD (Resíduos de Construção e Demolição)

LER (Lista Europeia de Resíduos)

GII (*Global Innovation Index*)

EIS (*European Innovation Scoreboard*)

OMPI (Organização Mundial da Propriedade Intelectual)

WIPO (*World Intellectual Property Organization*)

GII (*Global Innovation Index*)

TP (*Transition Pathway*)

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA- A GESTÃO DE OBRAS E A INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

Apesar do crescente desenvolvimento tecnológico e da urgência por práticas mais sustentáveis na construção civil, a implementação de inovações seja nos processos de gestão, seja nas soluções construtivas a adotar, ainda não se encontra totalmente consolidada. Muitas obras continuam a usar como base métodos e soluções “tradicionais” que, embora funcionais, revelam-se insuficientes perante os atuais desafios de sustentabilidade, competitividade e controlo. A introdução de soluções construtivas como coletores solares autorreguláveis, agregados artificiais reciclados ou coberturas verdes, bem como software adaptado à realidade da gestão de obra representa uma alternativa promissora. Contudo, é necessário compreender como estas inovações impactam os processos de gestão da obra, quais os seus benefícios face às soluções convencionais, e quais os fatores que limitam ou favorecem a sua implementação.

1.1.1 BREVE INTRODUÇÃO DA EMPRESA E DO EMPREENDIMENTO

A presente dissertação foi realizada em contexto empresarial, designadamente na Mota-Engil, grupo de construção civil com presença internacional em mais de 20 países, atuando em áreas como engenharia, infraestruturas, ambiente e promoção imobiliária. É a maior empresa portuguesa neste domínio de atuação e, uma referência no setor [1]. A obra de construção do empreendimento Aurios, promovido pela Emerge – Mota-Engil Real Estate, localizado no Porto, que consiste num condomínio fechado, de luxo, com 48 habitações. Constitui-se como caso de estudo pelo facto de ter sido selecionado como local de presença no contexto referido.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

O trabalho tem como objetivo geral analisar a gestão de obra com foco nas inovações tecnológicas e nas soluções construtivas, investigando como essas inovações impactam a eficiência, a sustentabilidade, os custos e todo um conjunto de outros parâmetros relevantes para a execução de empreendimentos, por meio do estudo de um caso prático.

No contexto do mesmo procede-se à análise e comparação entre soluções inovadoras e tradicionais e, para o caso concreto de um software de gestão de obra, procede-se à realização de um questionário a um conjunto de utilizadores sobre a sua adoção e mais-valias para a gestão.

Para tal considerou-se necessário:

- Apresentar os fundamentos, desafios e dimensões da gestão de obra, destacando a sua importância no contexto atual.
- Explorar os conceitos de inovação na construção, especialmente os associados à transição digital e verde (*twin transition*).
- Caracterizar o caso de estudo, evidenciando a orgânica da empresa no contexto da obra, participação do autor nas ações de gestão de obra e identificação e descrição das soluções

construtivas e tecnológicas inovadoras aplicadas, incluindo a utilização do software de gestão de obra.

- Proceder a uma análise comparativa, tendo como base os elementos consultados e a observação do caso de estudo das soluções inovadoras face a soluções equivalentes tradicionais em termos de custos, sustentabilidade, eficiência, entre outros parâmetros relevantes

1.3. METODOLOGIA E MÉTODOS

Dado o contexto empresarial e a presença predominante em obra, em termos de investigação científica, a presente dissertação utiliza um caso de estudo, o empreendimento Auríos, como metodologia de investigação, desenvolvendo uma análise detalhada sobre algumas características relevantes deste objeto específico e dos processos que envolvem a sua construção. Sem prejuízo de ser um caso único, o que pode constituir-se como uma limitação, as características do objeto e os processos que são objeto da análise podem ser aplicáveis e, em algumas situações, generalizadas a um amplo leque de obras de construção de edifícios [2].

As análises desenvolvidas seguem uma abordagem crítica quantitativa e qualitativa face à envolvente da investigação e de modo a dar uma resposta adequada aos objetivos. Concretamente, no que diz respeito às soluções construtivas inovadoras, apresenta-se um quadro que pretende, através de parâmetros numéricos (uma escala entre 1 e 4), proceder à caracterização da solução inovadora e correspondente “tradicional” para cada um dos parâmetros. Sem prejuízo da subjetividade associada, a pontuação atribuída pretende traduzir a visão e conhecimento dos agentes para o caso concreto, bem como a avaliação do autor. Relativamente ao inquérito sobre a utilização da plataforma digital, os inquiridos serão abordados com uma série de questões relativamente ao software em causa, na qual, serão analisadas posteriormente. A análise terá como apoio uma base de dados simples, como a quantidade de usuários que utilizam o software, número de obras que utilizam ou já utilizaram, início de implementação do software na empresa.

Face ao exposto, em termos de métodos de recolha de dados a presente investigação inclui [2]:

- Revisão bibliográfica: sobre gestão de obra, inovação tecnológica e sustentabilidade na construção;
- Documentação: relativa ao caso de estudo, o seu projeto e processos de gestão em curso;
- Reuniões com intervenientes: funcionários da empresa com atribuições no caso de estudo e com diferentes responsabilidades;
- Reuniões de grupo: participação e acompanhamento de processos de gestão de obra relativos ao caso de estudo;
- Inquéritos: dados sobre a utilização do software recolhidos de uma amostra que se pretende que seja representativa.

A exploração do tema apresenta algumas dificuldades que importa sistematizar:

- Período temporal curto (3 meses) para obter uma ideia clara e concisa de como é o funcionamento e a gestão de uma obra, considerando o facto de se tratar de um empreendimento de grande dimensão. Inevitável distanciamento de alguns aspetos laterais à investigação.
- Impossibilidade de obtenção de todos os dados específicos das inovações para o caso em estudo, ou seja, necessidade de contacto com fornecedores para a disponibilização de informação adicional e de outras, em alguns casos sem sucesso no tempo útil para o desenvolvimento do trabalho.

1.4. ORGANIZAÇÃO

A presente dissertação está dividida em seis capítulos:

Capítulo 1 - Introdução: Neste capítulo introduz-se de forma resumida, o tema da dissertação em conjunto com uma breve contextualização da empresa e empreendimento na qual se realiza esta dissertação. São apresentados os objetivos traçados para este desafio, e materiais e métodos utilizados.

Capítulo 2 - Gestão de Obra: Dedicado à gestão de obra, aborda os seus fundamentos, dimensões, desafios e importância no contexto atual do setor da construção. Esta parte inclui também uma revisão da literatura relevante que sustenta teoricamente as análises desenvolvidas posteriormente.

Capítulo 3 - Inovação: Trata o tema da inovação tecnológica e dos materiais, explorando os motivos para inovar, os caminhos possíveis, e o papel da transição digital e ecológica no setor. Será abordado o tema da Inovação na UE e em concreto, Portugal, na qual será possível obter uma visão de como se encontra o país, medidas a serem tomadas face à inovação.

Capítulo 4 - Caso de Estudo: É apresentado o estudo de caso, com a caracterização do empreendimento Aurios, e a orgânica da empresa no contexto da obra. Um dos Subcapítulos 4.4 descreve a participação do autor em alguns processos de gestão de obra, demonstrando o seu envolvimento prático na gestão e perceção dos desafios permitindo um maior espírito crítico sobre o tema em investigação. O presente capítulo termina com a apresentação das soluções construtivas inovadoras selecionadas, bem como a apresentação do software de gestão.

Capítulo 5 - Soluções Inovadoras vs. Tradicionais: Procede a uma análise comparativa quantitativa entre soluções tradicionais e inovadoras, com base num conjunto de critérios identificados. O capítulo inclui também os resultados do questionário sobre o software de gestão de obra para a obtenção de dados qualitativos e quantitativos sobre a sua utilização, eficácia e impacto na organização e execução do projeto.

Capítulo 6 - Conclusão: Como último capítulo deste trabalho, irá concluir o tema abordado, testemunhar a opinião do autor em relação aos resultados obtidos e verificar se foram cumpridos os objetivos, e sugestões futuras para o setor.

2. GESTÃO DE OBRA

2.1. INTRODUÇÃO

A gestão de obra é uma atividade fundamental e crítica no setor da construção, porque tem como objetivo garantir que os projetos sejam executados dentro dos prazos, orçamentos e padrões de qualidade exigidos. Com o aumento da complexidade dos projetos, prazos mais rigorosos e uma crescente exigência de eficiência e sustentabilidade, torna-se fundamental implementar mecanismos de gestão mais eficazes e integrados em todas as fases da obra. Estes mecanismos passam pela adoção de novos processos, uma melhor coordenação entre os diferentes intervenientes e a introdução de ferramentas tecnológicas de apoio, nomeadamente plataformas digitais.

O presente capítulo tem como objetivo proceder à sistematização de alguns dos fundamentos da gestão de obra, o papel do gestor, apresentando as principais dimensões envolvidas para a gestão de uma obra, focando os aspetos mais relevantes e sua importância, bem como os desafios associados.

2.2. FUNDAMENTOS DA GESTÃO DE OBRA

Tendo como base diversas fontes científicas e normativas (Comissão Europeia, Eurostat, PMI, AICCOPN, FIEC, CIOB, FIDIC), a Tabela 1 sistematiza um conjunto de princípios básicos que regem a gestão de obra. Na Tabela 2, esses princípios são comparados entre Portugal e os restantes países europeus.

Tabela 1 - Fundamentos da Gestão de Obra

Fundamentos da Gestão de Obra	Planeamento antecipado e controlo de tempo
	Coordenação eficiente dos recursos humanos e materiais
	Segurança de todos os intervenientes no local de trabalho
	Comunicação clara e eficaz entre os diversos intervenientes
	Inovação das tecnologias e processos
	Preservação do meio ambiente
	Monitorização contínua dos indicadores de desempenho
	Capacidade de resposta a quaisquer imprevistos

Tabela 2 - Fundamentos da gestão de Obra - Portugal Vs Europa

	Portugal	Países Europeus
Planeamento antecipado e controlo de tempo	É usual a utilização de processos tradicionais no local de trabalho, sobretudo pelas PME. No entanto, tem-se notado uma preocupação com a inovação e digitalização dos processos. Atrasos nos prazos são em parte referentes à fraca gestão de planeamento e intervenção baixa de digitalização [3],[4].	Caso da Dinamarca, que tornou BIM obrigatório desde 2007. Proporcionou não só a previsão e a visualização de modelos 3D na fase de planeamento, como estende-se para fases de operação e manutenção das infraestruturas [4],[5].
Coordenação eficiente dos recursos humanos e materiais	A coordenação eficiente tem como base três elementos fundamentais, planeamento, logística e comunicação. A utilização de softwares como <i>Ms project</i> , <i>Primavera P6</i> , <i>Procore</i> , juntamente com conceitos <i>lean</i> e <i>just in time</i> , adicionalmente formações a trabalhadores é muito importante. Em Portugal a utilização de softwares concentra-se nas grandes empresas. PME apresenta uma baixa digitalização e coordenação ainda muito manual e informal.	Nos países nórdicos e centro-europeus, a coordenação é amplamente suportada por BIM 4D/5D, sistemas de <i>supply chain</i> digital e <i>IoT</i> , o que se traduz em maior eficiência e redução de desperdícios. Empresas norueguesas reportam reduções de 20–25% em desperdícios devido a <i>supply chain</i> digital integrado. No reino unido a forte digitalização desde as fases de projeto até execução, juntamente com a utilização de plataformas comuns contribuem para a coordenação eficiente dos recursos humanos e materiais.[6] Relatórios da FIEC e estudos do <i>European Construction Sector Observatory</i> destacam o uso intensivo de ERP e integração com pré-fabricação para reduzir falhas de coordenação [7],[8].
Segurança de todos os intervenientes no local de trabalho	Portugal apresenta taxas de acidentes superiores à média europeia, apesar das melhorias significativas nos últimos anos. As apostas em planos de prevenção é uma forte característica de inovação, mas deve ser estendida para todas as fases e colaboradores do setor [9], [10].	Países como Alemanha e Suécia destacam-se por políticas rígidas de prevenção e elevada formação contínua [10], [11].
Comunicação clara e eficaz entre os diversos intervenientes	Em Portugal, a comunicação entre os diversos intervenientes em obra continua, em muitos casos, a depender de meios tradicionais, como reuniões presenciais e relatórios em papel, sobretudo nas PME. A dispersão da informação	Países nórdicos e no Reino Unido a comunicação digital está fortemente institucionalizada através do uso obrigatório de plataformas BIM, promovendo um ambiente comunicativo mais seguro e objetivo, envolvendo todas as intervenientes e fases de projeto e obra.

	devido à falta de digitalização do setor promove a perda de informação e distanciamento entre os diferentes intervenientes do projeto [12].	
Inovação das tecnologias e processos	Adoção limitada de tecnologias inovadoras. BIM e software como Procore ainda pouco disseminados. Em Portugal a adoção permanece pontual e concentrada sobretudo nas grandes construtoras, não abrangendo a maioria das PME, devido especialmente aos baixos rendimentos e alto risco de investimento [3].	Adoção obrigatória de BIM em projetos públicos (ex: Reino Unido, Noruega). Elevada taxa de digitalização, principalmente nos países como Dinamarca e Finlândia, líderes da digitalização e pré-fabricação [5],[13].
Preservação do meio ambiente	Sustentabilidade ainda não é critério principal, apesar do seu crescimento gradual. Planos normativos implementados e incentivos à sustentabilidade para a preservação do meio ambiente promovem o crescimento. Como exemplo temos os certificados energéticos (ex: BREEAM, LEED) [14],[15]. Estudos de 2023 referentes ao desperdício de materiais e economia circular mostram uma taxa de reuso de 2.8% comparado com média da Europa, 11,8% [16].	Integração obrigatória de critérios ambientais em concursos públicos. Elevada taxa de reuso e reciclagem como o caso da Holanda e Dinamarca [15].
Monitorização contínua dos indicadores de desempenho	Indicadores de desempenho monitorizados pontualmente, com uso limitado de KPIs (<i>Key Performance Indicators</i>). A detenção destas ferramentas e softwares que permite a monitorização é detida maioritariamente pelas grandes construtoras. Parâmetros como custos, segurança, qualidade são dados recolhidos em tempo real na forma de relatório, proporcionado uma visão do estado da obra, para melhor tomada de decisões e melhoria contínua dos processos.	Países europeus monitorização continuamente parâmetros fundamentais de gestão de obra com ferramentas <i>IoT</i> , dashboards digitais, e auditorias regulares.

Capacidade de resposta a quaisquer imprevistos	Portugal é geralmente afetado por vagas de calor, fogos e cheias, associado à alteração climática progressivamente. Portugal recorre à implementação de políticas de preparação e adaptação a estes fatores, com a ajuda de fundos europeus [16]. Contudo, as grandes construtoras tem estruturas ágeis e conseguem reagir rapidamente a imprevistos, no entanto, as PME devido à falta de flexibilidade organizacional e demonstram-se mais frágeis, não são capazes de lidar com grandes imprevistos [17].	Metodologias ágeis e estruturas colaborativas facilitam rápida adaptação a desvios e falhas [18].
---	---	---

A análise comparativa entre a realidade nacional e a de outros países europeus, apresentada na tabela anterior, deve ser entendida como uma avaliação de natureza essencialmente qualitativa. Não se pretende, por isso, assumir uma caracterização exaustiva ou absolutamente representativa de todos os contextos, mas antes evidenciar, com base na literatura científica disponível, algumas das assimetrias mais relevantes que se verificam no setor da construção.

Em Portugal, observa-se ainda uma forte dependência de métodos tradicionais de planeamento, práticas de comunicação marcadamente informais e um nível reduzido de digitalização transversal às diferentes fases do projeto. Adicionalmente, desafios como as elevadas taxas de sinistralidade laboral, a limitada adoção de tecnologias inovadoras (como o BIM em níveis mais avançados), e a integração parcial de critérios de sustentabilidade demonstram que há ainda um caminho significativo a percorrer. O setor da construção em Portugal é maioritariamente composto por PME, neste caso os dados referem-se diretamente a estas empresas. Empresas de grande dimensão e de referência do setor, atualmente, demonstram-se mais inovadoras, competitivas e resilientes.

Por contraste, em diversos países europeus (como Alemanha, Suécia, Noruega ou Reino Unido) destacam-se práticas mais sistematizadas e maduras, com uma adoção consolidada de metodologias *Lean*, BIM e ferramentas digitais avançadas, bem como com estruturas colaborativas que favorecem a comunicação eficaz e a capacidade de resposta a imprevistos. Nestes contextos, as questões ambientais e de segurança assumem frequentemente um carácter obrigatório e estruturante, em linha com políticas públicas mais exigentes e regulamentos rigorosos. Contudo, generalizou-se a Europa como um grupo apenas constituído pelas melhores práticas, o que não corresponde diretamente à realidade, no entanto, o intuito é servir de comparação e demonstração do estado atual de Portugal e o desenvolvimento necessário para atingir os objetivos de um setor da construção mais digital, inovador e resiliente, capaz de competir com outros países europeus e também com mercados fora da Europa.

Assim, esta leitura comparativa revela não apenas a distância entre o panorama nacional e as práticas internacionais de referência, mas também potenciais oportunidades de evolução para o setor em Portugal. A digitalização, a integração de metodologias colaborativas e a institucionalização de critérios de sustentabilidade surgem, neste sentido, como eixos estratégicos fundamentais para aproximar o setor nacional dos padrões internacionais mais avançados.

2.3. O PAPEL DO GESTOR DE OBRA

Na realidade portuguesa, o papel do gestor é regido num enquadramento legal por um conjunto de leis e normas, nomeadamente:

- Decreto-Lei n.º 555/99 (Regime Jurídico da Urbanização e Edificação - RJUE)
- Lei n.º 31/2009 (Exercício da Atividade da Construção)
- Decreto-Lei n.º 18/2008 (Código dos Contratos Públicos – CCP)
- Decreto-Lei n.º 273/2003 (Regime Jurídico da Segurança e Saúde no Trabalho em Estaleiros Temporários ou Móveis)

No caso do empreendimento Aurios, foi evidente a aplicação do DL 273/2003, pelo gestor de higiene e segurança de obra, visualizado durante a presença do autor em obra.

Apesar do seu papel técnico e legalmente regulado, o gestor de obra assume hoje funções muito mais amplas, decorrentes, como referido, da crescente complexidade e exigência dos projetos de construção. Embora a sua responsabilidade se enquadre nos limites formais da legislação, na realidade esta estende-se a dimensões éticas, comunicacionais, de inovação, liderança e sustentabilidade, tornando o gestor uma figura central e transversal ao sucesso dos projetos de construção [19].

No que diz respeito à inovação e sustentabilidade, o gestor tem como objetivo incentivar a adoção de inovações, seja a implementação de tecnologias digitais, software de gestão de projetos, ou promoção de uma transição para a metodologia BIM [20]. De acordo com os resultados de vários estudos, estas tecnologias facilitam a comunicação em tempo real, melhoram o desenvolvimento e controlo do planeamento e potenciam a capacitação do gestor com conhecimento sobre as possibilidades para reaproveitamento dos materiais e a aplicação de princípios metodológicos das práticas sustentáveis, conduz a uma otimização de processos com potencial para reduzir custos e trazer vantagens para o projeto e para o seu ciclo de vida [21]. No contexto das metodologias modernas de construção, é referido que as construções modulares permitem reduzir os tempos de trabalho em obra e os custos associados, assegurando também uma maior precisão na execução [22]. Estas práticas relevam o papel e as atribuições do gestor de obra no local da construção, mas obrigam à existência de profissionais com competências idênticas na fase de elaboração do projeto e em fábrica na preparação dos diferentes elementos. Sem prejuízo da necessidade de incentivar a transição para estes métodos, o processo terá de ser gradual para não introduzir grandes entropias nas formas de construir.

Em síntese, o gestor deve ser um profissional organizado com capacidade de liderança e conhecimentos que permitam a inovação, uma pessoa a qual a admiração pelos seus trabalhadores esteja presente e as suas decisões respeitadas.

Terá de ser capaz de fazer uma boa gestão das equipas, apoiando sempre na comunicação, quebrando barreiras para uma melhor orientação dos processos, e fazer com que acima de tudo as pessoas se sintam confortáveis no seu trabalho, cultivando interesse dos que o rodeiam e ser imparcial na hora de tomar decisões. A sua consciencialização, promoção e formação em matéria de segurança em obra é essencial para a obra, a empresa e o setor coletivamente possa evoluir no sentido da redução dos acidentes e na melhoria das condições de laboração da obra.

2.4. DIMENSÕES DA GESTÃO DE OBRA: IMPORTÂNCIA E DESAFIOS

Neste Subcapítulo, a gestão de obra será analisada através de uma abordagem estruturada que estabelece duas dimensões, a clássica e a moderna [19]. A dimensão clássica corresponde aos pilares tradicionais da gestão, como o controlo de custos, prazo, qualidade, segurança e comunicação [19]. Por outro lado,

a dimensão moderna reflete uma evolução nas exigências do setor, integrando preocupações contemporâneas como a sustentabilidade ambiental, a gestão eficiente de recursos, o tratamento de resíduos, a eficiência energética e a digitalização dos processos. Esta distinção visa enquadrar a análise da gestão de obra num contexto atual, onde as práticas convencionais se cruzam com novas exigências tecnológicas, ambientais e sociais [19].

É importante a referência destes pilares da gestão de obra, na qual sustentam a garantia de uma eficiente gestão de uma obra, mantendo o setor mais competitivo e dinâmico. No capítulo 3 é abordado em particular e em mais detalhe o pilar da inovação.

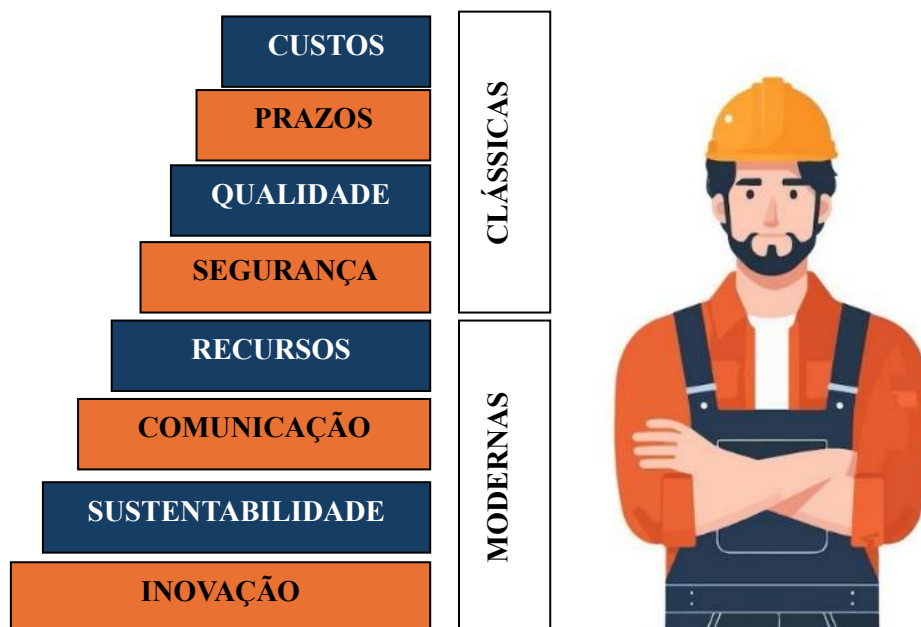


Figura 1 - Dimensões da gestão de obra

2.4.1. CUSTOS

A gestão de custos no contexto da construção constitui um processo estruturado e contínuo que tem como principal objetivo prever, monitorizar e controlar todas as despesas associadas à execução de um projeto. Ao contrário da gestão orçamental, que se foca no equilíbrio global entre receitas e despesas, a gestão de custos concentra-se especificamente na gestão eficiente dos fluxos de saídas financeira, ou despesas, garantindo que os recursos disponíveis são utilizados de forma racional e sustentada [23],[24].

Este processo estende-se ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento, desde as fases iniciais de conceção até à sua conclusão e utilização, necessariamente com objetivos e intervenientes distintos. Na fase de execução da obra, a sua função central é assegurar a conformidade com o orçamento previamente definido, antecipando e mitigando riscos de desvios financeiros significativos. Neste enquadramento, a gestão de custos inclui diversas etapas fundamentais, nomeadamente a estimativa inicial dos custos, a elaboração de uma proposta de orçamento, o acompanhamento sistemático das despesas e, por fim, a análise e encerramento financeiro do projeto [23],[24].

Ao proporcionar uma visão clara e orientada das necessidades financeiras em cada fase, a gestão de custos atua como um guia estratégico que sustenta a viabilidade económica do projeto e contribui para a sua execução eficaz e lucrativa [23],[24].

Apesar da sua relevância, a aplicação prática da gestão de custos enfrenta diversos obstáculos que comprometem a eficácia do processo. No caso de ocorrer um elevado desperdício de matérias proveniente de compras excessivas de materiais, armazenamento inadequado e o uso dos mesmos de forma ineficiente, irá gerar uma relação custo-rendimento baixo sendo um grande desafio quando se pretende fazer uma boa gestão do fluxo de montantes monetários. Além disso, diferenças entre o orçamento e o custo real devem ser levados em consideração e tratados com bastante cuidado, poderá gerar conflitos que posteriormente poderão não ser resolvidos [23],[24].

Muito comum acontecer é a falta de controlo sobre o fluxo da caixa, existe uma certa desproporção entre os pagamentos feitos e as receitas obtidas. É necessário manter atenção se os trabalhos foram completos e quantidades faturadas se foram devidamente obtidas e colocadas antes de serem feitos quaisquer tipos de pagamentos, manter a informação e os devidos pagamentos associados aos correspondentes trabalhos [23],[24].

Para além do referido anteriormente, é crucial uma boa comunicação entre as diferentes partes envolvidas. É necessário investir em ferramentas na qual extraem informações em tempo real, ajustando e comunicando as alterações aos intervenientes mantendo um fluxo de trabalho mais coerente e menos ambíguo [23],[24].

2.4.2. PRAZOS

Uma gestão eficaz do tempo não constitui apenas uma boa prática, mas sim um requisito para o sucesso e adequado funcionamento da obra. As exigências no cumprimento dos prazos são crescentes, obrigando a planeamento e gestão de riscos mais detalhados, designadamente no que diz respeito à disponibilidade de recursos. A existência e consistência da mão de obra, a disponibilidade e adequação dos equipamentos, os acordos com fornecedores de materiais e a identificação de alternativas, entre outros, todos estes aspetos são críticos para a gestão dos prazos [23],[25].

A presença de um cronograma é imprescindível para a gestão do tempo. O principal objetivo consiste em garantir que cada tarefa seja concluída dentro do prazo previsto. A conceção de prazos não deve ser vista de forma individual, é igualmente necessário a aquisição e atribuição sistemática de recursos acompanhada de uma monitorização continua garantindo o cumprimento desses prazos. Além disso, permite prever e suprimir custos extras, assim como, manter o custo de orçamentação dentro dos limites. Atrasos impulsionam os custos de mão de obra e recursos por isso, é importante manter o projeto atualizado e dinamicamente funcional [26],[19]. No Aurios, coube aos adjuntos da direção de obra, comunicar e planear as atividades do cronograma, a presença de atrasos em obra levou a mudanças no cronograma para nova linha crítica de processos.

A entrega da obra no prazo suposto não só melhora a reputação da empresa, como permite um maior envolvimento e uma boa competitividade entre colegas de trabalho para serem cumpridos prazos. O propósito de cumprir os prazos estabelecidos é crucial para a saúde dos trabalhadores e evita a acumulação de trabalho. No entanto os prazos são contratuais e de certa forma não deve ser visto como uma meta, mas sim um objetivo a ser cumprido legalmente. A satisfação do cliente é bastante subjetiva em relação a este parâmetro, visto que, a obra pode ter sido terminada antes do previsto, no entanto o cliente poderá não ficar satisfeito acoplado a outros fatores. É explícito um caso em particular no Subcapítulo 3.2.

Apesar destas considerações, a gestão de tempo continua a apresentar dificuldades significativas na execução de projetos de construção. A ocorrência de imprevistos, escassez de recursos ou eventuais crises deve ser antecipada. Como referido, a ausência de planeamento e a avaliação de riscos

compromete a eficácia da gestão. Em projetos de grande dimensão, como o caso do empreendimento em estudo, a sobreposição de múltiplas tarefas é inevitável, sendo, por isso, necessário uma constante dinâmica de previsão de acontecimentos para evitar a menor produtividade dos trabalhos. Importa no contexto atual destacar a escassez de mão de obra qualificada, assim como a resistência por parte de equipas face à adoção de novas tecnologias, que potencia a ocorrência de atrasos nos prazos de execução da obra. Para além destes desafios, a diversidade cultural que se observa em alguns estaleiros, refletida principalmente pela barreira linguística, tende a afetar a comunicação e, conseqüentemente, levar a um maior consumo de tempo e esforço na execução das tarefas inerentes à obra [25].

2.4.3. QUALIDADE

Como o termo indica, a garantia da qualidade num projeto é essencial para que se obtenha confiança e segurança no desempenho da obra, compatíveis com os pressupostos estabelecidos para os custos. Os processos de garantia da qualidade têm como objetivo prevenir defeitos, reduzir desperdícios e melhorar a eficiência em projetos de construção. Adicionalmente a certificação da qualidade dos processos e dos próprios operários pode constituir-se como uma exigência. Tudo isto envolve processos com vistorias à obra, certificados, normas, formações, etc [23],[27].

Tal como referido relativamente à gestão dos custos, a gestão da qualidade de projetos de construção é um processo contínuo ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. As exigências e planeamento da qualidade devem ser estabelecidos desde o início do projeto sendo revistos e consolidados ao longo de todas as fases do processo construtivo [19]. A gestão da qualidade de projetos de construção engloba:

- Planeamento de qualidade: identificação de requisitos de qualidade e expectativas para o projeto.
- Garantia de qualidade: avaliar e melhorar os processos de gestão da qualidade para garantir que os objetivos de qualidade sejam cumpridos.
- Controle de qualidade: monitorização e avaliação de produtos e serviços para garantir que cumprem com os requisitos de qualidade.

É importante referir normas relacionadas com a qualidade dos processos, designadamente a NP EN ISO 9001. No que diz respeito aos produtos de construção é relevante ter em atenção o Regulamento de Produtos de Construção, Regulamento (EU) 305/2011, que estabelece um conjunto de características essenciais para os produtos que são resumidas na marcação CE. Apesar de não ser uma marca de qualidade, mas antes uma declaração da conformidade, existe benefício para qualidade das obras a empregar produtos que cumpram os requisitos. Merece referencia os documentos de homologação (DH) emitidos pelo LNEC, para produtos que passam por testes rigorosos de avaliação e validação para o seu uso adequado em obra.

Apesar do seu enquadramento normativo e exigências, as dificuldades são inevitáveis. A gestão da qualidade numa obra representa um dos pilares fundamentais para garantir que objeto construído final corresponde às expectativas do cliente, respeita os requisitos técnicos e cumpra as normas legais em vigor. No entanto, este processo está frequentemente sujeito a diversos desafios que podem comprometer a sua concretização [23],[27].

Um dos principais obstáculos é a variedade de intervenientes envolvidos no processo construtivo desde projetistas e empreiteiros até subempreiteiros e fornecedores. Esta diversidade pode originar discrepâncias na interpretação dos requisitos de qualidade, exigindo uma coordenação eficaz e uma comunicação constante para garantir a uniformização de critérios e procedimentos [23],[27].

Outro desafio recorrente prende-se com as falhas de controlo e rastreabilidade dos materiais utilizados. A entrada de materiais não conformes e, em algumas situações sem a devida certificação, pode comprometer a durabilidade e o desempenho da obra, pelo que é essencial implementar sistemas de verificação rigorosos ao longo de toda a cadeia de fornecimento, de modo a assegurar a conformidade e, quando aplicável, nos requisitos de sustentabilidade [23],[27].

A dicotomia entre a garantia da qualidade e o cumprimento dos prazos constitui também um fator crítico que, muitas vezes, leva a uma execução apressada das atividades, negligenciando boas práticas e procedimentos de controlo de qualidade. Esta pressão pode ser agravada por alterações de projeto em fase de execução, que tendem a exigir adaptações rápidas e eficazes, sem que se comprometa a qualidade dos trabalhos realizados e das soluções [23],[27].

Adicionalmente, a falta de formação técnica e sensibilização para a qualidade por parte de alguns intervenientes em obra é um entrave significativo. A ausência de cultura de qualidade pode resultar em erros de execução, retrabalhos e aumento de custos [23],[27].

Por fim, destaca-se a dificuldade em manter um sistema de controlo documental eficaz. A gestão de ensaios, relatórios, inspeções e não conformidades exige uma estrutura bem organizada e ferramentas adequadas, muitas vezes subvalorizadas pela gestão [23],[27].

2.4.4. SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO (SST)

Assegurar o bem-estar dos trabalhadores e de toda a envolvente de um estaleiro de construção é fundamental para o sucesso de qualquer projeto ou empreendimento. Num setor como o da construção civil, que é caracterizado por ambientes bastante dinâmicos e onde os riscos são elevados devido às características das tarefas, ambiente de obra e utilização de maquinaria pesada tudo a decorrer em simultâneo e em espaços muitas vezes limitados, a segurança deve assumir-se como um aspeto crítico. Não deve ser encarada apenas como uma obrigação ou um requisito legal, mas sim como um conjunto de estratégias e muita experiência prévia de modo a antever riscos e assegurar o bem-estar todos para um bom desempenho do projeto [19],[23],[28].

Os diferentes perigos inerentes ao ambiente das obras tais como equipamentos pesados, trabalhos em altura, objetos perigosos, ambiente externo, reforçam a necessidade de prevenir acidentes, levando à necessidade de sistematicamente identificar e mitigar perigos e riscos à segurança no espaço de construção. Sem prejuízo de na legislação portuguesa existir um responsável por estas atribuições e garantias, é tarefa de todos assegurar a sua própria segurança e a do próximo. O gestor de obra dever ser um interveniente consciente e promotor das práticas de segurança e saúde no trabalho [23],[28].

Importante referir que a eficaz proteção dos trabalhadores assegurando a minimização de acidentes e potenciais fatalidades, para além de assegurar todas as condições exigíveis para o desenvolvimento dos trabalhos, mitiga a possibilidade de paralisações e atrasos [23],[28].

A promoção de um ambiente laboral seguro constitui um princípio fundamental na gestão de projetos de construção civil. Ainda que a maioria dos trabalhadores seja capaz de identificar riscos evidentes como equipamentos danificados, superfícies escorregadias ou instalações elétricas expostas, muitos perigos emergem de situações rotineiras, nas quais a familiaridade com as tarefas pode levar à negligência e à adoção de comportamentos inseguros [23],[29].

A complexidade inerente ao espaço de construção nas obras, frequentemente marcada por mudanças constantes no ambiente físico, nas equipas e nos projetos em execução, intensifica os desafios

relacionados à segurança. Variáveis como condições climáticas instáveis, elevada rotatividade de pessoal e revisões no desenho do projeto criam um cenário dinâmico que exige atenção contínua e adaptação rápida [23],[29].

Adicionalmente, a pressão para cumprir prazos rigorosos frequentemente resulta em sobrecarga de trabalho e fadiga, fatores que comprometem o desempenho cognitivo e aumentam substancialmente a probabilidade de falhas humanas. Em contextos onde múltiplas equipes atuam simultaneamente, a ausência de protocolos eficazes de comunicação e coordenação agrava os riscos, tornando a prevenção de acidentes uma tarefa ainda mais complexa [23],[29].

2.4.5. RECURSOS

Mais do que materiais e equipamentos os recursos também englobam mão de obra, tempo, dinheiro, água e energia elétrica. A boa gestão destes recursos é decisiva para garantir a conclusão eficaz e eficiente dos projetos. Com o avanço das tecnologias são disponibilizados métodos de previsão desses recursos para uma melhor tomada de decisões, assim como a criação de planos e técnicas de controlo dos desperdícios. Um exemplo de uma boa gestão de recursos materiais, é aplicável com a técnica “*Just in time*”. Refere-se a um planeamento rigoroso do transporte do material, evitando todo o tipo de armazenamento de stock em obra sempre que possível. O material chega e é automaticamente utilizado na construção, liberta espaço na obra, aumentando a eficiência de circulação de veículos e pessoas, maior número de maquinaria a circular e a trabalhar, para além de contribuir para uma redução de material desperdiçado e até mesmo danos nos materiais. Dada a predominante rede de malha, do tipo, rodoviária, a análise do comportamento do trânsito é um fator imprescindível para a gestão de recursos. Quaisquer implicações evidenciam a urgência de um pensamento crítico e estratégico, reconhecendo que a gestão de recursos vai além dos materiais e equipamentos [19],[26].

Destaca-se ainda a relevância da energia elétrica tanto como um recurso a utilizar durante a construção da obra, mas também para o funcionamento dos edifícios após a sua conclusão. A energia, constitui atualmente um dos recursos mais relevantes para a sociedade, na qual uma previsão sustentável dos gastos revela-se importante para preservar o futuro da sociedade e mitigar os custos decorrentes da sua má gestão [19],[26].

Apesar destes avanços e preocupações, a gestão dos recursos enfrenta limitações significativas. Destaca-se a falta de mão-de-obra qualificada, na qual, aliada à sua má gestão, conduz a locais de trabalho mais desorganizados, menor qualidade final das obras e atrasos frequentes. Também a gestão inadequada de materiais provoca desperdícios e falhas de aprovisionamento, com impactos diretos nos custos. O consumo excessivo de água e eletricidade, muitas vezes pouco monitorizado, reforça a ineficiência dos processos e compromete a sustentabilidade ambiental. A tudo isto soma-se a incapacidade de cumprir prazos, resultante de planeamento insuficiente e de uma resposta pouco ágil a imprevistos. Estes fatores, em conjunto, traduzem-se em derrapagens orçamentais, baixa produtividade e menor competitividade do setor [19],[26].

2.4.6. COMUNICAÇÃO E COORDENAÇÃO

A comunicação constitui um dos pilares centrais na condução bem-sucedida de projetos na construção civil, na qual a clareza e a eficácia na troca de informações tornam-se indispensáveis para a coordenação eficiente das atividades. A ausência de uma estrutura comunicacional bem delineada pode desencadear falhas progressivas, muitas vezes originadas por equívocos iniciais aparentemente insignificantes, mas que, ao longo do tempo, geram retrabalho, desperdício de recursos e atrasos significativos. Caso pontual

aconteceu a fase de construção, onde os novos desenhos não foram devidamente comunicados, como consequência, ergue-se um muro em função dos antigos desenhos, desencadeando eventos de retrabalhos, custos extras, tempo desperdiçado. Nesse cenário, a implementação de canais formais de comunicação e a definição precisa de fluxos de informação revelam-se estratégias cruciais para assegurar a integridade do processo construtivo [23],[30].

Portanto, aprimorar os mecanismos de comunicação ao longo de todas as etapas do projeto não apenas mitiga riscos operacionais, mas também fortalece a integração entre as equipes, contribuindo para o alcance dos objetivos estabelecidos. A comunicação na construção visa fomentar a compreensão e a colaboração entre todos os envolvidos no projeto. A garantia de uma boa comunicação viabiliza que o projeto seja concluído dentro do prazo e do orçamento, além de atingir a qualidade esperada. Projetos de construção envolvem uma cadeia de comunicação composta por arquitetos, engenheiros, empreiteiros, subempreiteiros, fornecedores e clientes. Cada indivíduo tem suas competências e responsabilidades, e todos colaboram entre si para garantir a conclusão perfeita do projeto. No entanto, a falta de comunicação clara pode levar à rutura dessa colaboração. Portanto, é essencial que o fluxo de informações seja constante ao longo do processo [23],[30].

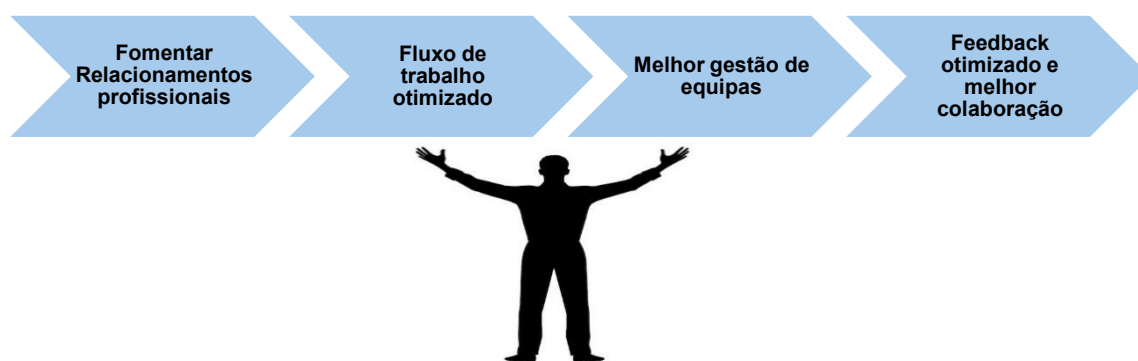


Figura 2 - Importância da Comunicação

No mesmo contexto, a falta de um canal aberto de partilha e recolha de dados acessível a todos, ou seja, a falta de ferramentas capazes de impulsionar a comunicação, barreira linguística, a complexidade e excesso de informação, irá levar à perda de rigor comunicativo da informação e noutros casos limitando a partilha de dados. Para tal é necessário elaborar um plano de comunicação para o sucesso dos projetos de construção e deve ser iniciado desde a fase de planeamento: estabelecer uma cadeia de comando clara com pontos de contacto definidos, selecionar canais de comunicação adequados à natureza da mensagem, integrar recursos visuais como modelos BIM para facilitar a compreensão e a colaboração, adotar a escuta ativa durante as interações, evitar ambiguidades e vocabulário não técnico que possam gerar mal-entendidos, basear a comunicação em factos objetivos e documentar todas as decisões e alterações, centralizar a informação numa única plataforma confiável, acessível e atualizada, recolher feedback contínuo de todas as partes envolvidas para otimizar o processo, investir nas tecnologias digitais que aprimoram a comunicação e assegurem a integridade dos dados. Essas práticas promovem maior transparência, segurança e eficiência na gestão da informação em ambientes complexos como os da construção civil.

2.4.7. SUSTENTABILIDADE

Atualmente, a gestão da sustentabilidade assume um papel central no setor da construção. A existência de planos e normas cada vez mais rigorosos impõe às empresas uma elevada exigência no sentido de alcançar um produto final eficiente, sem comprometer a responsabilidade ambiental. O mercado tornou-se progressivamente mais competitivo, e a sustentabilidade passou a constituir um dos requisitos essenciais para a credibilidade e a reputação das organizações. A adoção de boas práticas ambientais revela-se, assim, não apenas uma resposta a exigências regulamentares, mas também um fator diferenciador, capaz de atrair consumidores e investidores que valorizam este princípio. Para além disso, a sustentabilidade constitui um motor de inovação, incentivando o desenvolvimento de novas tecnologias e processos construtivos. Está ainda intrinsecamente associada à gestão de recursos, sobretudo naturais e materiais, cuja utilização deve assentar nos princípios da economia circular, promovendo a eficiência, a redução de desperdícios e a valorização contínua dos recursos disponíveis.

Não obstante, o percurso em direção à sustentabilidade revela-se complexo. Muitas empresas ainda não possuem o conhecimento nem a capacidade necessária para implementar práticas sustentáveis de forma eficaz, o que gera barreiras à sua adoção e resistência à mudança. A estes constrangimentos internos acrescem fatores externos, como crises económicas ou divergências de natureza política, que condicionam a prioridade atribuída a estas matérias. Acresce ainda que a aplicação de soluções sustentáveis implica, frequentemente, um investimento inicial mais elevado, o qual nem todas as organizações se encontram dispostas a assumir, apesar dos benefícios potenciais a médio e longo prazo. No empreendimento Auríos, encontramos soluções inovadoras, tais como coletores solares, coberturas verdes, agregados artificiais, entre outras. A sustentabilidade foi uma exigência crucial para a implementação destas tecnologias promovendo um empreendimento mais alinhado com a economia circular.

3. INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO

A necessidade de tornar os processos mais eficientes, sustentáveis, seguros, objetivos e economicamente viáveis tem estimulado a adoção de novas tecnologias e metodologias na construção. Este capítulo pretende apresentar o conceito de inovação tecnológica, apontando os diferentes caminhos da inovação, assim como a importância de inovar e os desafios que se colocam. É apresentado um panorama geral dos resultados e percepções de diferentes estudos relativamente à situação na União Europeia e em Portugal, tendo em consideração as limitações dos mesmos e as imprecisões associadas a generalizações. Nesta destaca-se a situação geral e as principais iniciativas em curso para promover a inovação e a transição do setor. Adicionalmente, o conceito de inovação tecnológica é também explorado do ponto de vista da experiência das empresas e dos intervenientes, através de testemunhos recolhidos durante o período em obra.

3.2. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: A VOZ DA EXPERIÊNCIA CONTA UMA HISTÓRIA

Neste Subcapítulo apresenta-se uma história verídica que se considera útil para a demonstração da capacidade e impacto das inovações tecnológicas no setor da construção civil. Tendo sido a presente dissertação desenvolvida em ambiente empresarial, o contato com profissionais com uma longa experiência na profissão e nos processos de gestão constitui-se como uma mais-valia. Para além da aquisição de conhecimentos e da observação diária de processos que serão posteriormente objeto de análise, os relatos de exemplos de inovação vividos na primeira pessoa são não só relevantes para o autor, mas constituem-se como testemunhos que importa dar a conhecer.

Enquanto outras entidades aguardavam pela resposta do mercado e pela validação da solução, a Engil, na altura ainda referida por esse nome, decidiu avançar de imediato com a implementação numa das suas obras. O resultado revelou-se altamente eficaz, registou-se uma redução significativa nos custos e nos tempos de execução das fases de betonagem e desconfrangem. Este avanço conferiu à empresa uma clara vantagem competitiva.

Surge, algum tempo depois, uma nova oportunidade para a construção de uma unidade hoteleira. O dono da obra procurou inicialmente uma outra empresa de referência no mercado, que propôs um prazo de construção de 12 meses, considerando-o o mínimo necessário para cumprir com os requisitos do projeto. No entanto, a Engil, munida da sua nova solução tecnológica e experiência anterior, apresentou uma proposta ambiciosa. Era capaz de concluir a obra em apenas 8 meses. Perante a discrepância de tempo entre as duas propostas, o dono da obra questionou a Engil sobre a viabilidade desta previsão, na qual a empresa primeiramente consultada, por sua vez, considerou tecnicamente impossível reduzir o prazo proposto.

Convencido pelas vantagens de uma conclusão antecipada, tanto em termos de rentabilidade como de operacionalização do negócio, mas ainda um pouco cético, o dono da obra optou pela proposta da Engil, impondo apenas uma condição contratual. Para garantir que não sairia lesado, caso o prazo de 8 meses fosse ultrapassado, seria aplicada uma multa de 5.000 euros por dia de atraso. Em resposta, a Engil

aceitou os termos e condições, propondo uma outra cláusula. Por cada dia terminado antes do prazo, seriam recebidos 5.000 euros adicionais.

Superando todas as expectativas, a obra foi finalizada em apenas 5 meses. Este feito não só consolidou a reputação da empresa como marcou um ponto de viragem na perceção do valor da inovação tecnológica no setor. A confiança obtida junto dos clientes e a vantagem competitiva alcançada evidenciaram o poder transformador da inovação nos processos construtivos.

Este exemplo demonstra que a inovação tecnológica vai muito além da introdução de novos equipamentos. Trata-se, acima de tudo, do desenvolvimento de soluções e melhoria de processos existentes, com impacto direto na qualidade, produtividade e eficiência das operações. A adoção de novas ideias e métodos permite não só otimizar o tempo de execução, como também reduzir custos e reforçar a posição estratégica da empresa no mercado. Assim, a experiência relatada não só reforça a definição teórica de inovação como demonstra, na prática, o seu papel transformador no desempenho e posicionamento estratégico das empresas do setor.

Em síntese, o explorar e adquirir novas inovações permite criar um lugar mais competitivo, na qual favorece aquele que se dispõe aos riscos e é dinâmico. O resultado é uma maior eficiência da construção, beneficiando ambas as partes envolvidas.

3.3. IMPORTÂNCIA DE INOVAR - ESTRATÉGIAS, METAS E APOIO DA UNIÃO EUROPEIA, UMA VISÃO GERAL- *TRANSITION PATHWAY*

A inovação é um caminho necessário a percorrer, manifestando-se uma peça fundamental como uma solução dinâmica face às exigências impostas pela sociedade. A inovação é importante não só para a gestão de obra, mas também para outros setores presentes, trazendo benefícios claros:

- Sustentabilidade
- Eficiência e produtividade
- Aumento da segurança
- Crescimento económico e social
- Digitalização
- Melhoria da qualidade
- Vantagem competitiva
- Atração de novas oportunidades

Neste contexto, surge o *Transition Pathway (TP)*, um guia estratégico que perspetiva uma Europa mais sustentável e digital para a construção. Aborda os desafios da atualidade, e apresenta soluções práticas e plausíveis, estabelecendo metas para eficiência e resiliência do setor.

Segundo o guia *TP*, a transição para um setor mais inovador, é explorada em seis eixos estratégicos [5]:

- Competitividade;
- Competências e talento;
- Quadro facilitador;
- Investigação, inovação e tecnologia;
- Financiamento;
- Ambiente construído justo e seguro.

Nesta dissertação serão abordados individualmente esses eixos de uma forma generalizada, com o intuito de perceber os caminhos para uma inovação eficaz.

3.3.1. COMPETITIVIDADE

O setor da construção europeu caracteriza-se por uma composição fortemente fragmentada, sendo constituído 90% por microempresas. Esta estrutura condiciona a sua produtividade e acentua a dependência de matérias-primas e de energia, dificultando a criação de economias de escala. A competitividade do setor encontra-se ainda pressionada pela concorrência de mercados externos, particularmente asiáticos, que oferecem soluções construtivas mais céleres e a custos reduzidos.

O vetor estratégico para a modernização do setor assenta na denominada *twin transition*, suportada por ferramentas digitais como o *IoT* (Internet of Things) e o *BIM* (Building Information Modelling). Embora a Europa não se posicione como pioneira, dado que países asiáticos lideram este domínio desde 2011, possui vantagens competitivas relevantes no âmbito da industrialização da construção, nomeadamente através da pré-fabricação, das construções modulares e da impressão 3D. Estas práticas, articuladas com a digitalização, revelam-se fundamentais para o cumprimento das metas europeias de sustentabilidade e circularidade. Contudo, as crises recentes, designadamente a pandemia da Covid-19 e a guerra na Ucrânia, expuseram a vulnerabilidade do setor. A escassez de matérias-primas críticas, como ferro, cobre, alumínio, madeira e minerais, conduziu a uma acentuada inflação dos custos de produção. Em paralelo, os períodos de confinamento originaram uma desaceleração do investimento e do desenvolvimento industrial. Todavia, estas adversidades estimularam a adoção de soluções inovadoras e energeticamente eficientes, com vista a mitigar a dependência de fontes externas e a reforçar a resiliência do setor.

Neste enquadramento, os clusters emergem como instrumentos de elevada importância. Caracterizam-se por serem redes colaborativas, que integram empresas, universidades, entidades de investigação, construtoras, arquitetos e start-ups, possibilitando a criação de sinergias que potencializam a inovação e a competitividade. Ao alinhar diferentes capacidades e conhecimentos num mesmo propósito, os clusters configuram-se como catalisadores para a transformação do setor da construção europeu, orientando-o para a sustentabilidade, a modernização e a resiliência de longo prazo.

3.3.2. COMPETÊNCIAS E TALENTO

A construção enfrenta atualmente um conjunto de desafios globais interligados, resultantes de fenómenos como a imigração, os avanços tecnológicos, as alterações climáticas, guerras, a substituição progressiva da mão de obra humana por máquinas, bem como dos interesses económicos de maior escala. A estes fatores acresce ainda o envelhecimento populacional, que, associado à resistência dos jovens a incorporarem-se no setor ou à procura por melhores condições de trabalho noutros países, contribui para uma redução significativa da oferta de profissionais qualificados.

Neste contexto, torna-se imperativo proporcionar condições de trabalho socialmente benéficas, com foco na saúde, na segurança e no bem-estar dos trabalhadores, ao mesmo tempo que se investe na digitalização dos processos, em programas de formação contínua e em estratégias de requalificação.

A abordagem às lacunas de competências e a antecipação das necessidades futuras são condicionadas por diversos obstáculos, entre os quais se destacam a baixa taxa de inovação, a dispersão geográfica dos estaleiros, a adoção limitada de novas tecnologias e a reduzida difusão de conhecimento, promovendo uma fraca atratividade para os jovens. Ainda assim, este esforço é fundamental para compreender o estado atual do setor, projetar a sua evolução e promover locais de trabalho mais seguros, atrativos, inclusivos e preparados para os desafios futuros.

Programas de formação e reconversão profissional já se encontram em implementação, contribuindo para a construção de ambientes laborais mais resilientes, eficazes e capazes de responder a adversidades de forma segura. A digitalização e a inovação tecnológica assumem um papel central neste processo, permitindo não só a melhoria da produtividade, mas também a criação de condições de trabalho que reduzem o esforço físico exigido e diminuem a incidência de problemas de saúde ocupacional, como as doenças músculo-esqueléticas, e a probabilidade de acidentes graves.

Apesar destes progressos, o setor da construção continua a ser percecionado como perigoso e marcado por uma desigualdade de género significativa. É necessária a modernização dos processos e a introdução de tecnologias avançadas para desconstruir o estereótipo de que a construção é uma atividade exclusivamente masculina. O recurso crescente à maquinaria e à digitalização dos métodos construtivos elimina gradualmente o esforço físico excessivo, abrindo espaço para uma maior integração e protagonismo das mulheres no setor.

Segundo dados da Eurostat (2018), as mulheres representavam apenas 12% da força de trabalho na construção, contrastando com a sua maior presença em áreas relacionadas, como o setor imobiliário (cerca de 50%) e a arquitetura (aproximadamente 30%). Neste sentido, iniciativas como o programa *Women on Boards* têm vindo a criar condições favoráveis à promoção da igualdade de género, estabelecendo metas para o aumento da participação feminina no setor até 2026.

Assim, a conjugação entre inovação tecnológica, digitalização e políticas inclusivas apresenta-se como um caminho estratégico não apenas para aumentar a competitividade e resiliência do setor, mas também para o tornar mais seguro, atrativo e equitativo, refletindo as exigências sociais e ambientais do século XXI.

3.3.3. QUADRO FACILITADOR

A preparação do setor da construção para a incorporação de inovações pressupõe a criação de condições institucionais e regulatórias que favoreçam a sua aceitação. Apenas mediante a consolidação de um ambiente propício será possível garantir um setor mais resiliente, competitivo e alinhado com os objetivos da dupla transição digital e verde.

A uniformização de requisitos técnicos a nível europeu contribui para a constituição de uma base sólida de procedimentos seguros e eficientes, assegurando simultaneamente a sustentabilidade ambiental, a eficiência energética e a acessibilidade. Entre estes requisitos, destacam-se as normas relativas à marcação de materiais de construção, à classificação energética de novos edifícios, ao comportamento ao fogo, à sismicidade e ao isolamento térmico e acústico. Tais elementos, ao promoverem o bem-estar e a segurança dos utentes, configuram-se como pilares para a modernização do setor e a sua adaptação às exigências contemporâneas.

Não obstante, a transição para uma economia circular permanece limitada por diversas barreiras estruturais. Entre elas incluem-se a ausência de requisitos regulatórios suscetíveis de induzir procura por soluções circulares, a inexistência de normas para materiais secundários e a falta de consenso relativamente ao estatuto de fim de resíduo, bem como condições de mercado desfavoráveis, insuficiência de incentivos financeiros e dificuldades metodológicas na comparação de produtos de construção com base em critérios ambientais.

Neste enquadramento, assume particular relevância o pacote legislativo europeu *Fit for 55*, cujo objetivo consiste na redução de, pelo menos, 55% das emissões de gases com efeito de estufa até 2030. Dada a responsabilidade atribuída ao parque edificado que representa cerca de 40% do consumo energético final

da União e 36% das emissões associadas, sendo 75% dos edifícios energeticamente ineficientes este setor é central na concretização das metas [31].

O *Fit for 55* prevê a adoção de padrões mínimos obrigatórios de desempenho energético, a renovação prioritária dos edifícios com pior performance e a integração sistemática de energias renováveis. A obrigatoriedade da instalação de painéis solares fotovoltaicos, escalonada entre 2027 e 2031 em função da tipologia e dimensão dos edifícios, constitui uma medida emblemática desta estratégia. Apesar das exceções previstas, edifícios históricos, religiosos, militares, de pequena dimensão ou uso sazonal, a meta final define que, até 2050, todo o parque edificado europeu deverá apresentar emissões nulas [31].

Neste contexto, a renovação do stock de edifícios antigos, a integração de soluções de energia renovável, a transição digital (com recurso a softwares que previnam erros e otimizem processos) e a implementação de standards europeus de construção emergem como fatores determinantes para a aceleração da inovação e para a concretização dos objetivos de sustentabilidade, competitividade e neutralidade carbónica do setor.

Paralelamente, refere-se à *twin transition*, a integração de forma complementar da transição verde e da digital, assumindo um papel determinante na reconfiguração do setor da construção e em especial neste tópico. A definição de standards comuns de construção, incluindo a obrigatoriedade de utilização de softwares especializados, revela-se essencial para a eliminação de erros, a otimização de processos e a melhoria da eficiência global do setor. Adicionalmente, em conjunto com as tecnologias promove um local mais sustentável. A criação de um ambiente concorrencial saudável, sustentado por práticas justas e transparentes, é condição necessária para fomentar a resiliência e acelerar a inovação. Este enquadramento não apenas reforça a competitividade, como também potencia a capacidade do setor para responder de forma eficaz aos desafios impostos pelas transições ambiental e digital.

3.3.4. INVESTIGAÇÃO, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

A inovação tecnológica no setor da construção encontra, nos *Digital Twins*, um dos seus instrumentos mais disruptivos. Esta tecnologia possibilita a redução substancial de erros em fase de conceção, a simulação de parâmetros de eficiência energética, custos e segurança, bem como a otimização do ciclo de vida de edifícios e infraestruturas. Acresce a vantagem de fornecer ao consumidor final uma réplica digital do ativo edificado, facilitando a sua gestão, manutenção e eventual reabilitação.

Não obstante, a adoção de soluções de Investigação e Desenvolvimento (I&D) permanece condicionada por múltiplas barreiras estruturais. Entre as principais identificam-se a elevada fragmentação do ecossistema, resultante da predominância de pequenas e médias empresas (PMEs), a insuficiente adequação da investigação académica às necessidades reais do setor e a existência de barreiras regulamentares. Adicionalmente, subsiste uma cultura organizacional avessa à mudança, uma fraca sensibilização relativamente aos benefícios da inovação, a limitada procura por parte dos clientes, carências significativas em competências digitais e custos de implementação frequentemente in comportáveis.

As PMEs encontram-se particularmente vulneráveis a estes desafios. Contudo, a sua reduzida dimensão pode igualmente configurar-se como uma oportunidade, permitindo maior agilidade na adoção de soluções inovadoras. Tal pode materializar-se através de investimentos sustentáveis em pequena escala, da promoção de formações curtas e orientadas para a transição digital, da contratação temporária de especialistas externos e, de forma especial, da colaboração com empresas de maior dimensão que se encontram numa fase mais avançada da transição tecnológica.

Por fim, destaca-se que o potencial transformador das tecnologias não reside na sua aplicação isolada, mas antes na sua integração combinada. O *Digital Twin*, enquanto representação digital tridimensional dotada de informação completa e continuamente atualizável sobre o ativo construído, constitui um exemplo paradigmático desta abordagem integrada, ao conjugar gestão eficiente, sustentabilidade e inovação digital.

3.3.5. FINANCIAMENTO

Conforme anteriormente referido, o setor da construção é composto maioritariamente por pequenas e médias empresas (PME), representando aproximadamente 90% do tecido empresarial. A reduzida margem de lucro e, conseqüentemente, a limitação do capital disponível para investimento, constituem entraves significativos à capacidade de inovação destas entidades. Neste sentido, revela-se imperativo criar condições estruturais, seguras, justas e equitativas, que incentivem a modernização e a inovação em larga escala.

O suporte a estas empresas deve ser contínuo e abrangente, englobando a disponibilização de informação relativa a mecanismos de financiamento, o acompanhamento nos processos de aquisição ou arrendamento de equipamentos, softwares e serviços especializados. A digitalização, enquanto ferramenta de apoio à gestão, assume particular relevância, pois permite melhorar a precisão das estimativas de custos e fornecer projeções de investimento mais credíveis, reduzindo os riscos associados ao processo de decisão.

Adicionalmente, a disponibilização de infraestruturas para a inovação, formação e experimentação é essencial para fomentar uma cultura organizacional mais crítica e inovadora no seio das PME. A articulação entre estas entidades e empresas de maior dimensão potencia sinergias relevantes, capazes de acelerar a evolução do setor e aumentar a sua competitividade.

Neste enquadramento, programas europeus como o *Innovation Fund*, o *Green Deal Industrial Plan* e o *Creative Europe* assumem um papel fundamental, ao disponibilizar instrumentos de apoio às empresas, contribuindo diretamente para a inovação e para a promoção de um ambiente empresarial mais sustentável no setor da construção.

3.3.6. GARANTIA AMBIENTE CONSTRUÍDO JUSTO E SEGURO.

A garantia de um ambiente construído justo e seguro traduz-se na promoção de habitação digna, acessível e resiliente, como direito fundamental de todos os indivíduos. Este princípio abrange não apenas a provisão de unidades habitacionais, mas igualmente a definição de requisitos normativos que assegurem condições de habitabilidade adequadas, segurança estrutural, desempenho energético eficiente, acessibilidade universal e resiliência ambiental. A concretização de um ambiente construído justo pressupõe, ainda, a adoção de políticas públicas que promovam a equidade no acesso à habitação, reforçando a coesão social e assegurando que o setor da construção responde de forma inclusiva e sustentável às necessidades da sociedade contemporânea.

3.3.7. SÍNTESE

A inovação exige, necessariamente, um ecossistema propício, composto por fatores regulatórios, económicos, sociais e tecnológicos, que em articulação sustentam a transição do setor. Só desta forma será possível atingir um produto final que responda simultaneamente às exigências de sustentabilidade,

competitividade e digitalização, conforme definido no *Transition Pathway*. A Tabela 3 aborda de uma forma resumida o conteúdo do *Transition Pathway*.

Tabela 3 - Síntese dos conteúdos abordados no *Transition Pathway*

Capítulo / Bloco	Foco Principal	Problemas	Ações / Caminhos de Inovação
1. Competitividade	Tornar o setor mais resiliente e competitivo.	Fragmentação (90% microempresas), baixa produtividade, dependência de matérias-primas, concorrência externa.	Diversificar fornecedores, contratos de longo prazo, apoiar <i>startups</i> , clusters e pré-fabricação, reforçar arquitetura e qualidade europeia.
2. Skills & Talent	Qualificação e atração de mão de obra.	Envelhecimento da força de trabalho, falta de jovens/mulheres, défice de competências digitais e verdes.	<i>Pact for Skills</i> (3M trabalhadores), formação em BIM e circularidade, <i>New Bauhaus Academy</i> , campanhas de diversidade, mobilidade transfronteiriça.
3. Enabling Framework	Proporcionar o enquadramento necessário para a inovação.	Escassez de normas reguladoras para materiais reciclados, processos extensos e burocráticos, diferentes legislações nacionais.	Revisão do CPR, harmonizar critérios ambientais, digitalizar licenciamento, normas para ciclo de vida e fim de resíduos.
4. Research, Innovation & Technology	Transformar a inovação num “motor” de transição favorável.	Setor pouco inovador e com uma baixa taxa de incorporação da digitalização nos processos.	Apoiar P&D em materiais sustentáveis, BIM, <i>digital twins</i> , construção modular, impressão 3D, laboratórios de teste, financiamento via <i>Horizon Europe/LIFE</i> .
5. Funding	Disponibilizar financiamento e incentivos necessários.	PME incapazes de inovar devido ao capital baixo e riscos elevados de investimento.	Usar <i>RRF</i> , <i>Horizon</i> , <i>LIFE</i> , <i>InvestEU</i> , facilitar acesso de microempresas, atrair investimento privado, novos modelos (construção como serviço).
6. Fair & Safe Built Environment	Garantir benefícios sociais e segurança.	Falta de acessibilidade na habitação, acrescido de riscos de segurança (amianto, incêndios, sismos, etc.).	<i>Affordable Housing Initiative</i> , remoção de materiais perigosos, normas de acessibilidade e bem-estar, habitação inclusiva e segura.

3.4. DINÂMICAS/VETORES DA INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O setor da construção é dos mais tradicionais na economia, na qual, é responsável por grande parte das infraestruturas e desenvolvimento das cidades, no entanto, atualmente os métodos tradicionais já não são mais capazes de superar os desafios/preocupações impostas pela sociedade moderna. A resposta está na inovação, dividida em quatro vertentes igualmente importantes para preservação da dinâmica do setor, a Figura 3 expõe os quatro vetores da inovação.

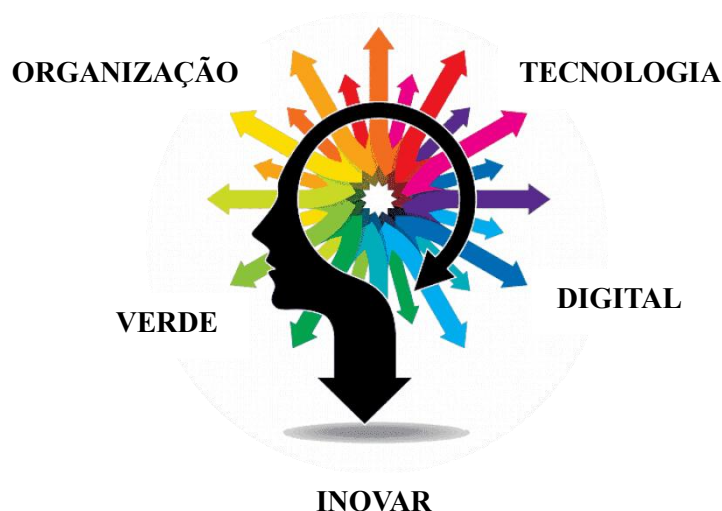


Figura 3 - Vetores da Inovação na construção civil

Os pontos a seguir destacam, de maneira concisa, os principais vetores da inovação, oferecendo uma visão geral do seu impacto e aplicação no setor da construção.

3.4.1. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O vetor tecnológico representa umas das frentes mais visíveis e impactantes na construção civil. Direta relação à incorporação de novos materiais, novas técnicas construtivas, com o intuito de automatizar os processos eficazmente, assim como reduzir os custos e aumentar a produtividade. Atualmente o setor da construção passa por uma fase lenta, mas crescente da modernização técnica impulsionada pela forte presença de desafios impostos. Uma abordagem utilizada e já implementada no mercado, na qual tem vindo a ganhar destaque é as construções modulares. Apresentam-se como soluções sustentáveis e eficientes face aos métodos tradicionais, não só melhorando a rapidez dos processos, mas também os custos e qualidade associados.

3.4.2. INOVAÇÃO DIGITAL

A digitalização é o caminho a percorrer para o sucesso do setor da construção civil. Atualmente é fornecido um vasto leque de softwares de gestão, capazes de organizar informações de forma meticulosa, otimizar a comunicação entre os diferentes intervenientes de um projeto, adicionalmente, sensores capazes de *scanear* objetos para obter uma visão 3D computacional à escala real, normalmente

denominados de *digital twins*. A captação de dados em tempo real por meio dos sensores é coletada para o software na qual irá ser representada uma imagem digital idêntica à real, onde será possível analisar os comportamentos, simular cenários e identificar principais problemas, capacitando a tomada de decisões de uma forma otimizada no projeto, e não só, melhorando a eficiência e o desempenho do produto final. Adicionalmente, em diversas tarefas e problemas, IA, capaz de responder a qualquer problema, suportando tomadas de decisão de forma mais rápidas e otimizadas a nível de processamento devido à sua biblioteca digital incorporada e software dedicado [32],[33],[34].

3.4.3. INOVAÇÃO VERDE

Face às adversidades ambientais em que o mundo se encontra, a inovação verde é um pilar fundamental para a sustentabilidade e preservação do ambiente e das próprias infraestruturas. A gestão de resíduos é trabalhada atualmente com o intuito de diminuir a extração dos recursos naturais, ao mesmo tempo, recicla os materiais no fim do seu ciclo de vida. Sociedades como Lipor, ValorSul, tem como o principal objetivo a gestão de resíduos urbanos para a obtenção de energia através da queima dos mesmos. Grupos como Veolia e Ambigroup focam-se na reciclagem e reutilização de resíduos de demolição com vista para uma economia mais circular. Neste tópico englobam-se certificados tipo LEED, BREEAM, entre outros, proporcionando um valor do imóvel e credibilidade acrescentada devido à sua exigência de parâmetros visando sustentabilidade e qualidade.

3.4.4. INOVAÇÃO ORGANIZACIONAL

Baseado em metas europeias e guias, compilando a organização de todos os vetores para apenas um fim, a inovação. Foca-se num nível de gestão mais aprofundado, tornado a informação mais acessível e objetiva entre os diferentes intervenientes do projeto, o armazenamento de informação num único local, acessível aos referentes intervenientes é importante ao ponto de manter a informação segura e fácil gestão. Além disto, a nível organizacional cria-se estratégias e guias com o intuito de ajudar a forma como gerimos recursos, pessoas, dinheiro, com o objetivo de aumentar a eficiência e bem-estar dos colaboradores, reduzir os custos associados, utilizando uma fonte de recursos sustentável mantendo sempre a qualidade e segurança em primeiro lugar.

3.5. NECESSIDADE DE INOVAÇÃO CONSTANTE: DESAFIOS PRESENTES

A inovação no setor da construção surge como uma resposta necessária aos diversos desafios contemporâneos enfrentados pela indústria. Entre os principais destaca-se a baixa produtividade, associada maioritariamente ao uso de métodos tradicionais, pela falta de inovação e digitalização dos processos. Além disto, o setor da construção é responsável por uma parcela significativa no impacto ambiental, a importância na redução dos resíduos e gases de estufa, assim como, a desmedida extração de recursos naturais, levando à exaustão dos processos para a satisfação destes parâmetros. Adicionalmente, a crescente complexidade dos projetos estimulada por requisitos técnicos mais exigentes, consequentemente conduzindo à escassez de mão de obra qualificada, associada à maior precisão e rigor dos processos. A utilização de ferramentas de automação é crucial para obter o fator de máxima exigência. Por fim, torna-se economicamente não viável os elevados custos associados ao setor da construção, tanto para fornecedores como consumidores. Em pormenor, a habitação deverá ser um bem comum, é necessário tornar-lha acessível para ambas as classes economicamente e socialmente

distintas. A incentivação à adoção de novos métodos e tecnologias é fundamental, caso contrário a resistência à mudança não permitirá atingir os efeitos desejados [23],[35].

3.6. PORTUGAL: POSIÇÃO EUROPEIA NA INOVAÇÃO E TECNOLOGIAS ADOTADAS, PROGRAMAS COM FOCO NA INOVAÇÃO

Segundo o Relatório *European Innovation Scoreboard – 2024*, divulgado pela Comissão Europeia, Portugal é referido como “Inovador Moderado”, classificando-se 23.º (Vigésimo terceiro) no ranking, com um desempenho na inovação que representa 83,5% da média da UE. Apesar dos avanços observados em áreas como digitalização, colaboração público-privada e apoio estatal à investigação e desenvolvimento (I&D) empresarial, o país continua abaixo da média europeia em indicadores-chave como investimento privado em inovação, exportações tecnológicas e sustentabilidade ambiental [36].

Outras organizações como a WIPO, ou OMPI, traduzido para português, apresentam um relatório no qual são comparadas as 133 economias no campo da inovação, ou seja, os diferentes 133 países, regendo-se com base em 80 indicadores, agrupados em inputs e outputs da inovação. O programa *Global Innovation Index 2024*, coloca Portugal na posição 31.º (Trigésima primeira) entre os 133 países, 30.º (Trigésimo) entre os 51 países com economias de grupo de elevado rendimento e 20.º (Vigésimo) dentro das 39 economias na Europa [37].

Na análise dos indicadores é comum distinguir-se entre inputs e outputs da inovação. No seguinte âmbito, inputs identifica-se como os recursos, atividades e condições estruturais que contribuem para o processo inovador, tais como investimentos na pesquisa para o desenvolvimento de novos projetos inovadores, a criação de novos conceitos e abordagens, acesso a novas informações, capital humano, referente ao uso de qualificação para a pesquisa de algo, estruturas e equipamento. Toda a aplicação de tais recursos, inputs, irá gerar resultados tangíveis e mensuráveis, tais como melhorias na eficiência de processos, custos, criação de novas tecnologias que podem melhorar indústrias, novas patentes, marcas registadas, na qual chamamos de outputs.

Portugal classifica-se na posição 31.º na inovação de inputs e 27.º na inovação de outputs segundo o *GII* de 2024 [37]. Conclui-se que apesar de algumas limitações estruturais no investimento e na capacidade instalada para inovar, o país tem conseguido gerar resultados concretos e relevantes, transformando os recursos disponíveis em produtos e soluções inovadoras com aplicação prática. Esta situação revela um potencial de eficiência na valorização dos recursos existentes, enquanto evidencia a necessidade de reforçar os fatores base, os inputs, para garantir uma inovação mais robusta, sustentável e competitiva no futuro.

Analisando alguns parâmetros mais especificamente, observamos que o desempenho de Portugal ao nível das atividades de inovação situa-se, em geral, entre valores ligeiramente abaixo e próximos da média da União Europeia, oscilando entre os 76,7% e 101,7% da média europeia em 2024. Desde 2017 que se tem vindo a registar uma queda nos totais investidores em particular nas pequenas e médias empresas (PME), onde as inovações de produto e de processo diminuíram em 69,6 e 67,1 pontos percentuais, respetivamente. Ainda assim, existem áreas em que Portugal apresenta um desempenho notório, nomeadamente nas ligações dentro do ecossistema de inovação, como demonstram as copublicações entre entidades públicas e privadas, que representam 151,3% da média da UE, e o aumento da mobilidade de profissionais altamente qualificados. Contudo, apesar do PIB per capita de Portugal (79,0%) ser bastante inferior à média da EU, o seu crescimento médio anual do PIB subiu cerca de (4,5%), sendo o segundo mais elevado da UE, podendo observar aqui uma forte expansão a nível económico. A base deste aumento provem dos seus serviços, onde a forte qualificação na educação é bastante relevante, tendo uma elevada percentagem de estudantes com doutoramentos, assim como um

forte investimento na digitalização e penetração da banda larga, criando um ambiente mais robusto para a tecnologia e com bases para a inovação. Além disso os apoios para no âmbito da inovação são bastante virtuosos, influenciando a inovação nos diferentes serviços [37].

Programas como os Laboratórios Colaborativos (CoLABs) focam-se no incentivo de parcerias entre a investigação e a indústria, no entanto a franca adesão entre a colaboração de PME e outros atores não é significativamente forte. Ao nível dos ativos intelectuais, Portugal apresenta um número reduzido de pedidos de patentes internacionais (PCT), apenas 54,8% da média da UE. Paralelamente, quanto ao perfil de inovação das empresas, verifica-se uma presença relativamente forte de inovadores internos ao nível dos processos de negócio (20,7%) e um desempenho comparável à média da UE em inovação de produto com novidades de mercado (11,6%). No outro lado da balança, existe uma proporção elevada de empresas não inovadoras com potencial de inovação (32,2%), o que revela uma base promissora que poderá ser estimulada com políticas adequadas [37].

No que diz respeito à sustentabilidade ambiental e alterações climáticas, Portugal enfrenta desafios estruturais significativos. É o segundo país da União Europeia com menor taxa de reutilização de materiais circulares (2,6%) e apresenta dificuldades na redução da intensidade de emissões de gases com efeito de estufa, apesar da elevada disponibilidade de energias renováveis, registando-se um aumento de 2.6 °C de 2023 para 2024 da temperatura da atmosfera. As tecnologias associadas ao ambiente registaram igualmente um decréscimo preocupante, situando-se atualmente em 42,1% da média da UE. Embora se verifique alguma melhoria na produtividade de recursos e nas emissões atmosféricas por partículas finas, o desempenho global nestes domínios continua a ser consideravelmente inferior à média europeia [36].

O principal fator de inovação de Portugal é a diversificação da indústria nacional (1.^a posição). A base está no desenvolvimento e à implementação de novas estratégias e tecnologias nas indústrias de um país para alargar a sua base económica, reduzir a dependência de sectores únicos e promover o crescimento sustentável, implicando uma mudança para novas atividades económicas, muitas vezes envolvendo níveis mais elevados de tecnologia e sofisticação, e pode ser impulsionado tanto por empresas nacionais como por políticas governamentais [37].

No âmbito de combater a fraca inovação, é necessário incentivar e criar planos estruturalmente e economicamente viáveis. O plano COMPETE 2030 referido anteriormente proporciona às empresas bases económicas para a inovação dos processos, tendo a finalidade a sustentabilidade, redução de custos entre outros. Em seguida serão apresentados três programas cofinanciados pela COMPETE 2030 com este objetivo:

A operação “Solar Sandwich”, dá a oportunidade à Microplásticos, empresa especializada na produção de diferentes componentes plásticos, na criação de módulos fotovoltaicos leves, versáteis e de fácil instalação, reduzindo os custos, peso e ocupação do solo em comparação com os coletores tradicionais. Esta nova tecnologia utiliza materiais poliméricos e sistemas *plug & play*, na qual permite aplicar os módulos tanto em superfícies planas como curvas, promovendo a sua instalação em fachadas, janelas e coberturas, sem comprometer o design dos edifícios. O objetivo é simples, criar soluções leves e versáteis para integrar a energia solar nas construções, acelerando a transição energética [38].

Projeto “Casa do Futuro”, promovido pela empresa HAVLAR, introduz uma tecnologia inovadora no setor da construção, impressão 3D. Esta nova tecnologia responde aos problemas de elevados custos de construção, a falta de oferta e sustentabilidade, na qual propõem um modelo produtivo inovador que irá integrar a construção modular, fontes de energia renováveis e soluções como “chave-na-mão”, combatendo os problemas identificados [39].

O setor da construção em Portugal é tradicional nos processos e métodos que adota, revelando debilidades na implementação de novas inovações, especialmente a construção modular e construção *offsite*. No caso da Mota-Engil, e em particular no empreendimento Aurios, a adoção de pré-fabricados em ferro surgiu como uma alternativa sustentável do ponto de vista ambiental e, ao mesmo tempo, inovadora, especialmente tendo em conta as limitações de espaço e de posicionamento de estaleiros.

Contudo, a introdução destas inovações não ocorre de forma abrupta. A Mota-Engil privilegia uma implementação gradual, assegurando uma transição mais linear e consistente dos processos rumo a práticas de maior sustentabilidade ambiental. Este modelo de mudança subtil permite ao setor adaptar-se progressivamente, caminhando para o sucesso da implementação eficaz das novas tecnologias.

Ainda no projeto “Casa do Futuro”, a abordagem adotada é fortemente digitalizada e baseada numa lógica “Plug & Play”, que permite sincronizar todas as fases da construção de forma eficiente. Inicialmente, a HAVLAR recorrerá à subcontratação de serviços, mas pretende internalizar o processo produtivo até 2026. O projeto aposta ainda na especialização da mão-de-obra, com maiores níveis de qualificação e equilíbrio de género, nomeadamente através da criação da “Academy 3D”, uma plataforma digital de partilha de conhecimento sobre novas tecnologias construtivas. Paralelamente, HAVLAR também já afirmou parcerias com instituições académicas de referência (como a FAUP e o IAAC), na qual pretende expandir-se internacionalmente, com o foco em mercados como Espanha, França, Itália e Alemanha. Contando já com um investimento superior a 3,3 milhões de euros (dos quais 1,3 milhões provêm de incentivos do FEDER), a empresa já iniciou a implementação do projeto com aquisição da tecnologia mais avançada, instalação em Vila do Conde e contratação de equipas especializadas, dando grandes passos estratégicos para o progresso e implementação do programa [39].

Especializada em rochas ornamentais, a LouroStones, foca-se na construção de uma fábrica em Alcanena, que visa a modernização da transformação de pedras através da indústria 4.0. A *StoneCraft Innovation*, pretende otimizar a produção, reduzir o desperdício e gerar uma maior diversidade de produtos de elevada qualidade, consolidando a presença da empresa a nível global. Concluída esta unidade, será instalado um Cockpit 4.0 que unificará e monitorizará a operação online, com automação, conectividade e internet das coisas (Iot). O novo sistema tem técnicas sustentáveis, como a utilização de células fotovoltaicas, aproveitamento da água e melhores soluções de produção física. Com esta unidade, a LS pretende transformar blocos de pedra em chapas, ladrilhos, mobiliário urbano e peças ornamentais personalizadas, visando sobretudo os mercados da China, EUA e União Europeia. Estão também previstas criações de emprego e um impacto positivo no desenvolvimento regional [40].

Este programa conta com um apoio da SICE, Sistema de Incentivos à Competitividade Empresarial, num valor de quase 2 milhões de euros fornecidos pela FEDER. O projeto representa um passo estratégico da LouroStones rumo a uma indústria mais inovadora, digital e sustentável [40].

Para além destas, teremos a operação SMARTLIGHT, surge como alternativa às colunas de iluminação tradicionais, limitando-se apenas à componente luminosa. Esta inovação não só ilumina, função principal, mas a verdadeira inovação reside na integração de sensores e tecnologias de uma forma esteticamente agradável, onde estes sensores passam a desempenhar papéis adicionais, como monitorização de parâmetros ambientais, tais como, qualidade do ar, humidade, pressão, para além destes pode fornecer uma comunicação urbana, videovigilância, carregamento de veículos. As colunas são incorporadas com materiais ecológicos, iluminação LED, sensores de movimento e painéis solares [41].

Outras menções que merecem referência são também o projeto *Windturbine 5.X Blades* [42] e a inovação da indústria do papel [43], a aposta nas energias renováveis e outra na inovação dos processos com a inclusão de materiais recicláveis, Paper-e, um papel funcional capaz de processar informação, papéis de

limpeza integrados com sabão e tintas condutoras aplicáveis em circuitos eletrónicos impressos em papel. Esta solução abre portas a aplicações em áreas como sensores inteligentes, dispositivos médicos ou *drones*, colocando Portugal na linha da frente da investigação aplicada no setor.

Importante mencionar um relatório criado pela REPLAN, MEGATENDÊNCIAS 2050 O MUNDO EM MUDANÇA Impactos em Portugal, na qual aborda nove tópicos bastante importantes para o crescimento de Portugal em vários aspetos. Os nove problemas são separados individualmente em capítulos, na qual, expõem-se os problemas atuais e ameaças, contextualizando o leitor para de seguida referir oportunidades para a resolução do problema, contando com incertezas associadas.

3.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO DA INOVAÇÃO E RELAÇÃO COM A GESTÃO DE OBRA

O guia propõe-se a atuar como um fio conector entre os objetivos europeus para a construção e a realidade do processo construtivo dela e da gestão das obras, organizando a inovação como elemento central para o fortalecimento da competitividade e da resiliência do setor da construção. Alinha os princípios estratégicos da inovação com os parâmetros essenciais da gestão de projeto, custo, tempo, qualidade, segurança, sustentabilidade, comunicação e eficiência organizacional, tornando-se possível criar uma base sólida para transformar o setor e prepará-lo para os desafios futuros.

A construção civil, reconhecida como um dos setores mais tradicionais da economia, é simultaneamente fundamental para o desenvolvimento urbano e uma das indústrias que enfrenta maiores desafios: baixa produtividade, elevado impacto ambiental, custos crescentes e complexidade técnica. Nesse contexto, a inovação surge como resposta estruturante, dividida em quatro vetores complementares:

- Inovação Tecnológica: através da modernização de materiais, métodos construtivos e soluções modulares, capazes de reduzir custos, aumentar produtividade e melhorar a qualidade;
- Inovação Digital: com recurso a ferramentas como *digital twins*, inteligência artificial e softwares de gestão que melhoram a comunicação, apoiam a tomada de decisão e elevam a eficiência;
- Inovação Verde: orientada para a sustentabilidade, economia circular, certificações ambientais e otimização no uso de recursos;
- Inovação Organizacional: focada na gestão integrada de recursos, pessoas e processos, promovendo maior eficiência, transparência e bem-estar no setor.

Ao integrar estes vetores na prática da gestão de obra, a inovação deixa de ser um elemento isolado para se tornar um motor sistémico, capaz de responder a pressões sociais, económicas e ambientais, ao mesmo tempo em que gera valor direto para empresas, trabalhadores e comunidades.

No plano internacional, a análise das dinâmicas de inovação revela a necessidade de uma resposta constante, dada a rápida evolução tecnológica, os desafios climáticos e a crescente escassez de mão de obra qualificada. Neste ponto, a posição de Portugal no contexto europeu torna-se um indicador estratégico. Segundo o *European Innovation Scoreboard 2024*, o país é classificado como “Inovador Moderado”, situando-se abaixo da média da União Europeia em vários indicadores estruturais, mas com resultados promissores, especialmente na área da digitalização. Adicionalmente, Portugal, demonstra-se mais eficaz na maneira que utiliza as inovações para o seu benefício, ao invés de criar essas tecnologias inovadoras. Como exemplo dessa aplicação, temos os programas nacionais com foco na sustentabilidade, economia circular assim como a melhoria dos processos de trabalho para um local mais eficiente, seguro e acessível.

4. CASO DE ESTUDO

4.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo serve de contextualização para a aplicação prática e análise dos conceitos abordados nos capítulos anteriores, através do estudo de caso do Empreendimento Auríos. Este projeto foi selecionado por integrar diversas inovações tecnológicas e construtivas, bem como por adotar uma abordagem moderna de gestão de obra, com forte apoio em ferramentas digitais.

Ao longo deste capítulo, será desenvolvida uma caracterização geral do empreendimento, a orgânica e hierarquia da empresa em obra, processos de gestão de obra implementados e os praticados pelo autor, em detalhe as inovações tecnológicas que serão objeto de análise face a soluções idênticas consideradas “correntes”. Um exemplo de adoção tecnológica digital presente no empreendimento será também sumariamente caracterizado, apresentando-se no capítulo seguinte a análise e avaliação da sua implementação com base em entrevistas a alguns dos principais utilizadores no contexto da obra.

O caso de estudo do Empreendimento *Auríos* procura, assim, contribuir para uma reflexão informada sobre o impacto real de soluções e tecnologias emergentes e das boas práticas de gestão na melhoria do desempenho das obras, tanto do ponto de vista técnico como ambiental e organizacional.

4.2. O EMPREENDIMENTO AURÍOS

O Projeto consiste na construção de um condomínio fechado na Margem Norte do rio Douro, Figura 4. A operação urbanística a executar caracteriza-se pela construção de edifícios multifamiliar, assim como os acessos e infraestruturas necessárias ao seu bom funcionamento. O programa no lote em causa executa-se como uma unidade residencial única, organizado em regime de propriedade horizontal. Esta opção resulta do programa estabelecido, que definiu a constituição de uma “unidade de vizinhança” autónoma, com privacidade acrescida, tendo desta forma apenas um ponto de contacto com o exterior, através da Avenida Paiva Couceiro. Os espaços exteriores dentro do limite lote constituem-se como zonas comuns de uso exclusivo dos condóminos que assumirão os custos de manutenção destes espaços. Todas as construções a executar neste lote serão exclusivamente dedicadas ao uso habitacional, sob a forma de 26 moradias geminadas (9 unidades T3 e 17 unidades T4) e 22 apartamentos (16 unidades T3 duplex, 1 unidade T3+1 duplex, 4 unidades T4 e 1 unidades T4+1 duplex). Está previsto um edifício com áreas de apoio à habitação de uso exclusivo dos moradores, destinado à prática lúdica e desportiva de algumas modalidades como Pádel, Ginásio, Piscina e Sala de condomínio polivalente.



Figura 4 - Vista aérea empreendimento Aurios

Do ponto de vista da integração paisagística importa destacar a orientação da construção sobre os principais eixos das construções vizinhas. Algumas pré-existências no terreno foram determinantes para a implantação das construções, fazendo com que a sua integração na paisagem fosse a mais dissimulada possível. A zona em redor das construções também atua como fator de integração, encontrando-se a construção envolta por espaços ajardinados que terão continuidade pelo loteamento “Casas da Calçada”. Os muros de contenção e delimitação das leiras serão executados ou revestidos em pedra natural, semelhante à existente no terreno, de forma a harmonizar a integração urbana e paisagística da operação. A Figura 5 apresenta uma planta do empreendimento com a discriminação de um conjunto de áreas.

Nos pontos seguintes procede-se a uma apresentação do conceito arquitetónico associado aos espaços das habitações e objetivos pretendidos em termos de relação com o ambiente envolvente. Estes fatores são determinantes para a escolha das soluções técnicas aplicadas, sendo algumas delas as que serão objeto de análise.

Item	Observações	Área (m2)
Área do Lote 1	Medida em projeção horizontal	24 723
Área Implantação		6 866
Área Bruta de Construção		15 583
Área de Coberturas Ajardinadas		6 635

Tipos de Pavimentos	Características	Área (m2)
Arruamento	Pavimento em paver cerâmico (tira romana)	3 600
Estacionamento	Grelhas de enrelvamento em PVC (permeável)	1 028
Passelo	Pavimento Drenante tipo Terraway (permeável)	2 745
Espaços Verdes	Jardins térreos permeáveis	9 530

Indicadores	Fórmula	Resultado
Área ocupada	$A_{\text{Implantação}} / A_{\text{Lote}}$	27,77%
Rácio	$A_{\text{Bruta Construção}} / A_{\text{Implantação}}$	2,27
Área permeável	$A_{\text{Permeável}} / A_{\text{Lote}}$	53,8%
Área verde	$(A_{\text{Espaços Verdes}} + A_{\text{Coberturas Verdes}}) / A_{\text{Lote}}$	65,4%



Figura 5 - Planta com discriminação das áreas

O presente projeto teve como propósito a concepção de uma moradia de linguagem contemporânea, cuja integração com a envolvente natural fosse alcançada através da utilização de texturas e tonalidades em consonância com a paisagem circundante. Para além da preocupação com a harmonia estética, privilegiou-se a adoção de soluções construtivas sustentáveis e de tecnologias inovadoras, de modo a assegurar simultaneamente elevados padrões de eficiência energética, conforto ambiental e qualidade de vida para o utilizador. Nos pontos seguintes será possível observar de forma detalhada, como estes princípios foram concretizados no desenvolvimento do projeto.

4.2.1. ORGANIZAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DAS ENVOLVENTES ESPACIAIS DAS FRAÇÕES PRESENTES NO EMPREENDIMENTO

As plantas evidenciam uma estrutura espacial que privilegia a distinção entre as diferentes zonas funcionais da moradia: zona social, zona privada e zona de serviços. Figura 6 e Figura 7. A zona social, composta por sala de estar e sala de jantar, separada fisicamente por um painel de vidro de correr. Está posicionada na área mais exposta da casa, próxima à entrada principal e, conectada visualmente com a varanda. Tudo isto é assente num piso uniforme, existindo apenas um desnivelamento entre as zonas interiores para exteriores, e mudança de pavimento para as zonas húmidas da moradia.

A zona privada, por sua vez, localiza-se no piso superior, sendo uma ala distinta para a habitação e necessidades básicas apenas. Esta organização garante privacidade visual e sonora, essencial em moradias deste segmento. Os dormitórios, em especial as suítes principais, assumem características espaciais amplas, acompanhadas de closets e casas de banho privadas.

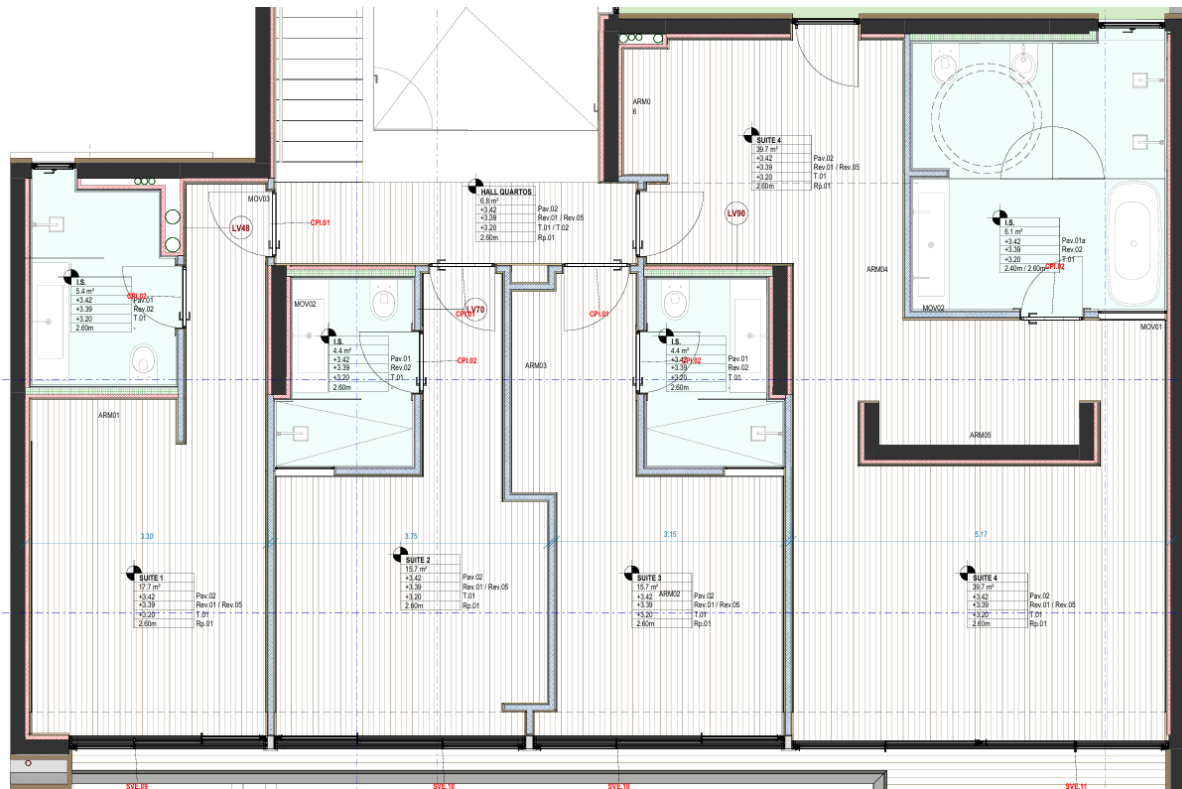


Figura 6 - Planta piso 1 da Moradia exemplo

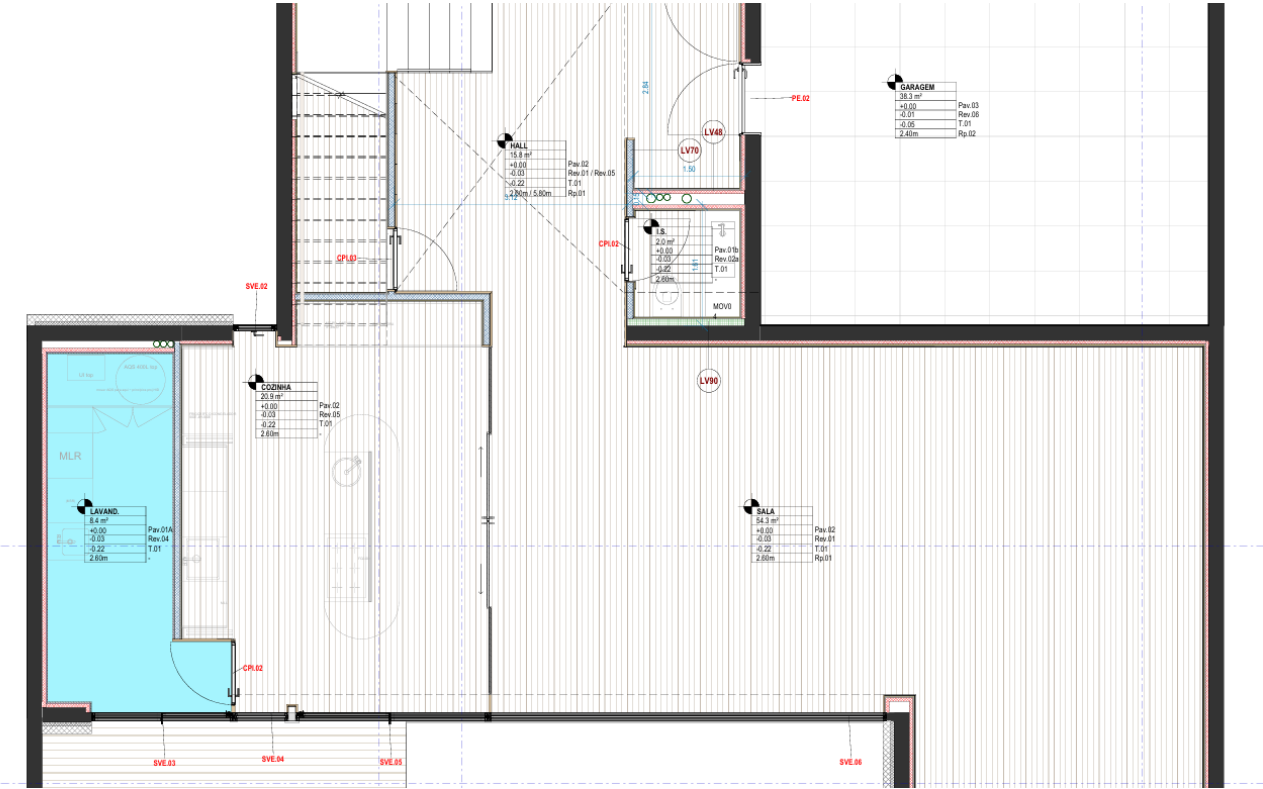


Figura 7 - Planta piso 0 da Moradia exemplo



Figura 8 - Fachada Moradia, empreendimento Aurios

4.2.2. RELAÇÃO INTERIOR–EXTERIOR E CONFORTO AMBIENTAL

A presença de grandes vãos envidraçados, portas de correr com estrutura mínima, e varandas contínuas cria uma fluidez visual que amplia os espaços internos e permite a integração com o jardim, a piscina ou outras áreas de lazer externas. O espaço exterior funciona como uma extensão direta da zona social interna, formando áreas de estar ou jantar ao ar livre, resguardadas por pérgulas e beirais em vidro.

As grandes aberturas envidraçadas permitem a entrada abundante de luz natural e promove a ventilação cruzada, estratégias fundamentais para o conforto térmico passivo. No caso dos quartos o posicionamento das camas e abertura da janela foi devidamente calculado para renovar o ar sem interferir com o conforto dos utilizadores. A orientação solar é cuidadosamente considerada: as áreas sociais voltadas a sul ou a poente aproveitam o aquecimento natural no inverno, enquanto a proteção solar, por meio de pérgulas ou vegetação, mitiga os ganhos térmicos excessivos no verão, nas varandas e compartimentos interiores respetivamente. As casas de banho e áreas de serviço, por outro lado, mantêm ventilação natural através de aberturas menores.

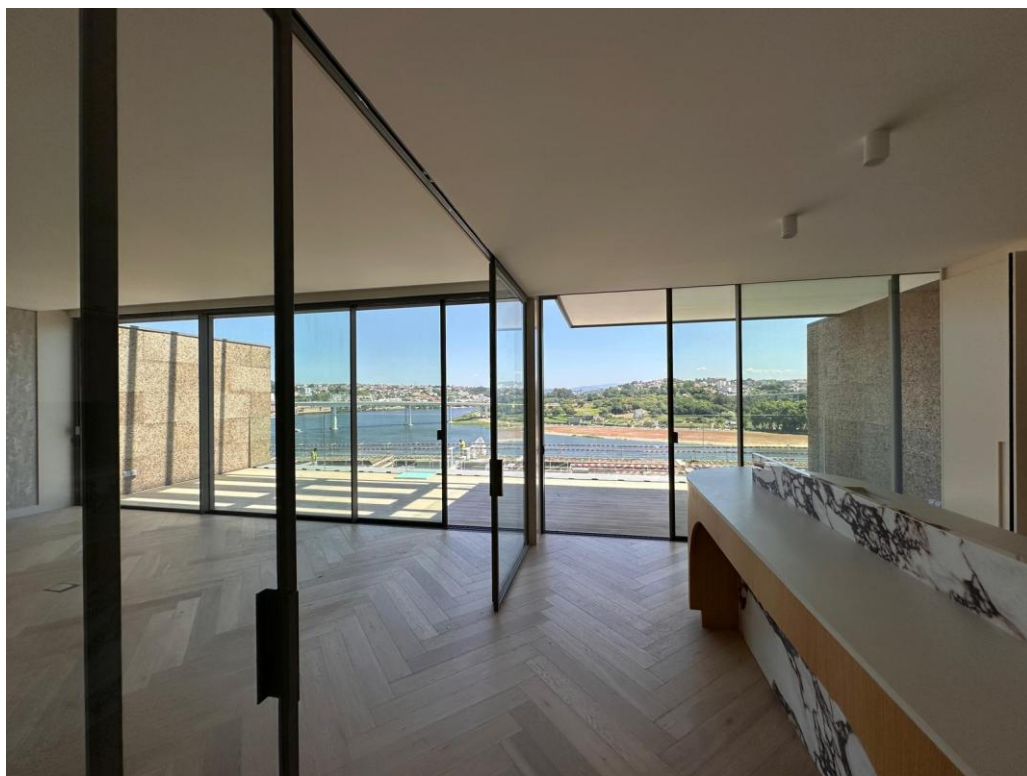


Figura 9 - Visão da Cozinha para o deck, Apartamento

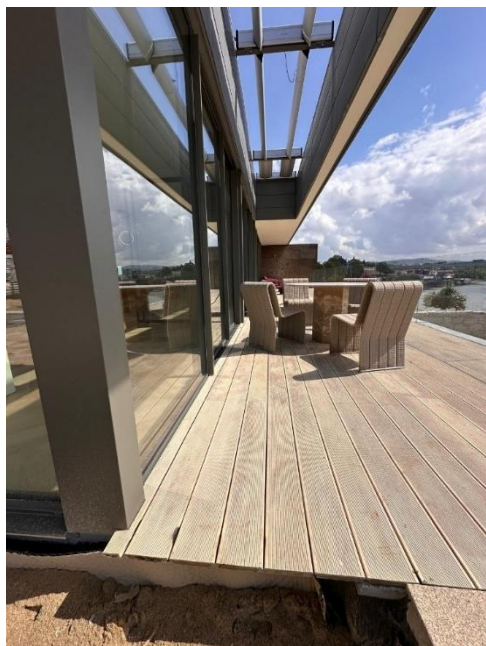


Figura 10 - Deck Moradia



Figura 11 - Sala de Estar

4.2.3. MATERIAIS, REVESTIMENTOS E ACABAMENTOS

Pisos em madeira natural de carvalho e em pedra calcária, mármore, clara predominam nas áreas sociais e privadas respetivamente, proporcionando uma base estética neutra e elegante. Nas casas de banho e cozinhas, observa-se a aplicação de mármore granítico, nas bancadas e móveis em madeira.

O mobiliário fixo, como armários embutidos, cozinhas e closets, é projetado com design minimalista e materiais de alto desempenho, como o MDF (*Medium Density Fiberboard*), “é um material que se forma a partir de fibras de madeira, unidas por resinas sintéticas e submetidas a pressão e calor. Não é uma madeira maciça, mas sim um painel de madeira reconstituído, com uma superfície lisa e uniforme, ideal para acabamentos”. Detalhes de ferragens embutidas, iluminação indireta em sancas ou estantes, e integração de sistemas de áudio e climatização nos elementos construtivos.

As cozinhas são equipadas com tampos em *silestone* ou mármore, móveis personalizados e eletrodomésticos de gama alta. O cuidado estende-se à lavandaria, também equipada com tampos de pedra natural e pia integrado.

Os tetos interiores são revestidos em gesso cartonado *KNAUF*, incluindo soluções acústicas e hidrófugas, conforme os ambientes. As sancas e tetos suspensos integram sistemas de iluminação indireta e *cove lighting*, em zonas húmidas, os tratamentos antifúngicos e os tetos com isolamento reforçado asseguram a durabilidade e a higiene.

As casas de banho combinam equipamentos sanitários de elevada gama, misturadores embutidos e acessórios em metais nobres, com lavatórios moldados sob medida em pedra.

O projeto prevê ainda sistemas de isolamento acústico e térmico de elevado desempenho: fachadas com isolamento pelo exterior (sistema ETICS com cortiça ISOVIT CORK), vidros duplos com corte térmico e cobertura invertida ajardinada com isolamento em poliestireno extrudido. Estes elementos, embora discretos na perceção visual do interior, são determinantes para a qualidade ambiental e a eficiência energética.



Figura 13 - Casa de banho

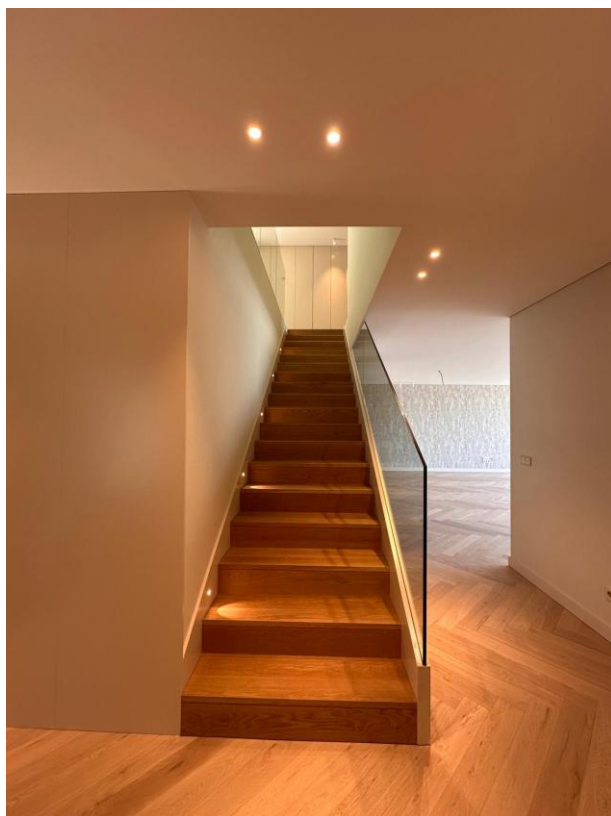


Figura 12 - Escadaria piso para piso 1



Figura 14 - Cozinha em forma de ilha

4.2.4. EQUIPAMENTOS, TECNOLOGIA E FUNCIONALIDADE

A cozinha em forma de ilha, integrada à sala de janta, é equipada com eletrodomésticos de última geração, exaustores embutidos na placa, sistemas de aquecimento por indução e bancadas multiuso, para além destes, inclui-se sistemas de automação residencial que controlam a iluminação, temperatura, cortinas, segurança e som ambiente, acessíveis por interfaces táteis ou por dispositivos móveis.

A climatização é assegurada por sistemas centralizados de ar condicionado, aquecimento radiante no piso das casas de banho, painéis solares e bombas de calor para aquecimento de água e apoio energético, o que também revela uma preocupação com a eficiência energética e sustentabilidade, cada vez mais integrada ao conceito contemporâneo de luxo.



Figura 15 - Eletrodomésticos e equipamento adicional ao funcionamento

4.3. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E FUNÇÕES DE CADA INDIVÍDUO NO CONTEXTO DE OBRA

No âmbito da execução de uma obra de construção civil, a estrutura organizacional da equipa da obra desempenha um papel fundamental no cumprimento dos objetivos técnicos, económicos, de qualidade, ambiente e segurança.

Neste Subcapítulo são apresentados os principais cargos integrantes da equipa da obra, com a descrição das suas funções e responsabilidades específicas. Adicionalmente, é incluído um organograma que ilustra a hierarquia e as relações funcionais entre os diferentes intervenientes na gestão e execução da obra. (Figura 16)

O organograma tem a funcionalidade de promover uma imagem organizada e hierarquizada do sistema da empresa, na qual são identificados os cargos e respetivos indivíduos especializados a que foram atribuídos esses cargos.

A existência de um organograma bem definido permite:

- Estabelecer responsabilidades claras, evitando sobreposições de funções e assegurando que cada elemento da equipa conhece o seu papel no processo.
- Facilitar a comunicação interna, promovendo o fluxo de informação entre os diferentes níveis hierárquicos e áreas de especialidade.
- Apoiar a tomada de decisão, dado que proporciona uma visão global da organização e das competências atribuídas a cada função.
- Contribuir para o cumprimento dos objetivos da obra, ao garantir uma gestão integrada dos aspetos técnicos, económicos, ambientais, de qualidade e segurança.

Desta forma, o organograma não só orienta a organização da equipa, como também serve de base para o planeamento e controlo das atividades durante todo o ciclo de vida da obra.

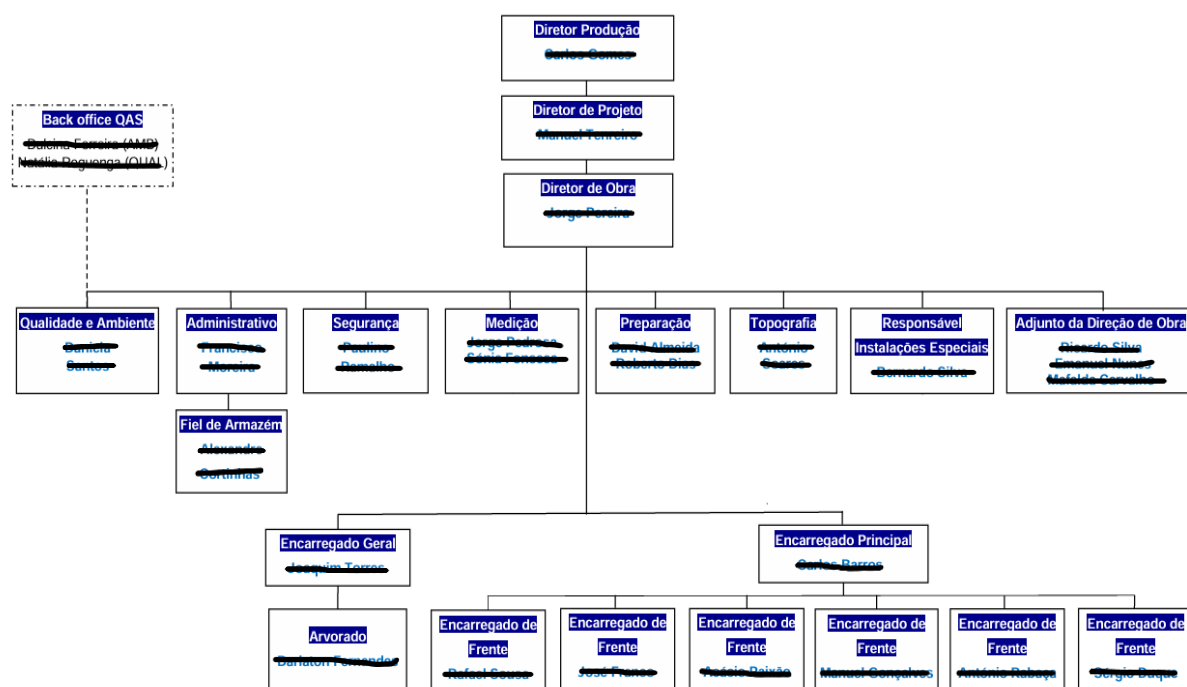


Figura 16 - Organograma de Obra

Diretor de Produção

É o profissional responsável pelo planear, coordenar e supervisionar todas as etapas de um projeto, seja ele audiovisual, teatral, evento ou industrial, isto inclui a gestão de orçamento, contratação de equipas, aquisição de equipamentos, planeamento logístico, garantia de prazos e segurança, além de resolver problemas e garantir a comunicação entre os diferentes departamentos.

Diretor de Projeto

Responsável por garantir o arranque e a execução da obra segundo os parâmetros económicos, prazos e qualidade definidos, assegurando a coordenação das equipas, a supervisão do plano de trabalhos e o

cumprimento das políticas de Qualidade, Ambiente e Segurança. Cabe-lhe articular com o Dono de Obra alterações ao projeto e aprovar ações corretivas face a desvios.

Diretor de Obra

Dirige tecnicamente a empreitada e o estaleiro, garantindo o cumprimento do projeto, contrato e normas de qualidade e segurança. É responsável pela articulação com o cliente, aprovação de materiais, gestão documental e coordenação dos trabalhos, subempreiteiros e fornecedores, assegurando a conformidade e qualidade da execução.

Adjunto de Diretor de Obra

Apoia o Diretor de Obra na gestão técnica e no planeamento da obra, garantindo a execução conforme o projeto, o plano de trabalhos e os requisitos de qualidade, ambiente e segurança. Coordena subempreiteiros, controla desvios e participa na preparação para a receção provisória da obra.

Responsável das Instalações Especiais

Apoia no planeamento, acompanhamento e controlo da execução das instalações especiais, garantindo a conformidade técnica, a qualidade e o cumprimento dos prazos. Participa na validação de materiais, ensaios e elaboração de relatórios, promovendo o cumprimento das normas de segurança e ambiente.

Gestor de Qualidade e Ambiente

Assegura a implementação, monitorização e melhoria do Sistema de Gestão da Qualidade e do Sistema de Gestão Ambiental da obra, garantindo a conformidade com os requisitos legais, contratuais e normativos. Elabora e aplica planos, procedimentos e relatórios, promovendo ações corretivas, preventivas e de sensibilização.

Gestor de Segurança

Responsável pela implementação do Plano de Segurança e Saúde, pela atualização da documentação de segurança e pela coordenação das medidas preventivas e corretivas. Assegura a comunicação com subempreiteiros, fiscalização e entidades oficiais, promovendo a segurança e saúde no trabalho e a análise de dados estatísticos.

Encarregado Geral

Planifica e supervisiona os métodos e processos de execução, garantindo a conformidade dos trabalhos com o projeto, as normas e as regras de segurança. Garante a receção de materiais e equipamentos, o acompanhamento das equipas e a gestão das instalações do estaleiro.

Encarregado de Frente

Implementa os desenhos e procedimentos nas frentes de obra, coordena as equipas de subempreiteiros e assegura a qualidade e conformidade dos trabalhos e materiais com os projetos e planos definidos.

Medidor

Responsável pelas medições da obra, quantificação de alterações, apoio ao controlo económico e atualização dos mapas de quantidades. Elabora autos de medição e colabora na definição de preços de novos trabalhos.

Preparador

Estuda e valida os projetos, propõe melhorias técnicas e económicas, elabora desenhos complementares e assegura o apoio técnico ao estaleiro e à direção de obra. Regista alterações ao projeto e compila o dossier final de execução.

Administrativo

Gere os processos administrativos da obra, incluindo pedidos de fornecimentos, registo de pessoal, gestão contratual, controlo de horas de equipamentos e gestão do fundo de maneoio.

Fiel de Armazém

Garante a gestão de stocks, receção e armazenagem de materiais e equipamentos, assegurando as condições de preservação e o cumprimento dos requisitos de controlo de qualidade.

Topógrafo

Executa e orienta os trabalhos topográficos necessários ao desenvolvimento da obra, assegurando a correta implantação e monitorização dos elementos do projeto e contribuindo para a medição das quantidades executadas.

4.4. PARTICIPAÇÃO EM PROCESSOS DE GESTÃO DE OBRA

Pretende-se, nesta secção, apresentar de forma mais prática e aplicada as atividades de gestão desenvolvidas ao longo da execução da obra, com base na experiência direta do autor no contexto da presença em obra para a realização da presente dissertação. Durante esse período houve a possibilidade de participação em diversas tarefas inseridas no processo de gestão, como a elaboração de autos de medição, a realização de vistorias, bem como a observação dos procedimentos de controlo e registo efetuados através dos Boletins de Aprovação de Materiais e Equipamentos (BAME's), entre outras atividades.

4.4.1. AUTOS DE MEDIÇÃO

Os autos de medição são documentos que registam a quantidade de trabalho realizado num determinado período, servindo como base para o controle financeiro e físico da obra, detalhando o trabalho executado em comparação com o planeado, facilitando o acompanhamento do progresso e a validação de pagamentos. É um elemento fundamental de suporte à gestão de custos e de prazos, conforme

No contexto dos processos de gestão da qualidade, foi realizada a tarefa de verificação da conformidade de uma proposta de auto de medição relativa à instalação de sistemas de Blackouts. De acordo com a proposta apresentada pelo subempreiteiro, encontravam-se já instaladas 92 unidades. A Figura 17

apresenta a tabela remetida pelo fornecedor com os valores propostos. O processo, que consistiu na confirmação se os Blackouts instalados correspondiam efetivamente às quantidades indicadas, ou se existiam divergências não refletidas na proposta, é fundamental para garantir de várias dimensões de gestão de obra.

Proposta						
Fornecimento e instalação de estores de rolo blackout motorizados						
material	qt	largura	altura	qt total	preço	preço total
estores rolo blackout	92,00			869,00	24,00 €	20 855,88 €
Calhas	184,00			532,44	11,00 €	5 856,84 €
Tubo 80	55,00			55,00	70,00 €	3 850,00 €
Motores	92,00			92,00	65,00 €	5 980,00 €
Auto (total já aplicado em obra)						36 542,72 €
Total já faturado						937,72 €
Total auto (fecho)						35 605,00 €

Figura 17 - Proposta de Auto do Fornecedor

Para a validação dos dados, foi elaborada uma tabela em Excel, concebida para apoiar a contagem e facilitar o registo detalhado. Procedeu-se à verificação individual de todas as moradias e apartamentos, de forma a garantir a maior precisão possível nos resultados. A organização da tabela seguiu uma lógica hierárquica: os dados foram agrupados inicialmente por tipologia de moradia, e dentro de cada grupo, por letra identificativa da habitação. Em cada moradia ou escritório, os Blackouts foram medidos individualmente, sendo registadas as quantidades e áreas correspondentes. Sempre que um elemento se encontrava instalado, era assinalado com um marcador de confirmação, caso contrário uma cruz. Figura 18, mostra o exemplo da Moradia tipo 2.

Após a conclusão da análise, verificou-se que apenas 84 unidades, num total a serem instalados de 168, se encontravam efetivamente instaladas, em contraste com as 92 indicadas na proposta do fornecedor. Embora a diferença quantitativa seja relativamente reduzida, este exercício demonstrou a importância

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2					MORADIAS TIPO 2							
3					A	B	C	D	E	F	G	H
4	Quarto M5	Altura (m)	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
5		Comprimento (m)	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62
6		Área (m2)	9,7016	9,7016	9,7016	9,7016	9,7016	9,7016	9,7016	9,7016	9,7016	9,7016
7		Instalado	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
8	Quarto 2	Altura (m)	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
9		Comprimento (m)	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
10		Área (m2)	10,318	10,318	10,318	10,318	10,318	10,318	10,318	10,318	10,318	10,318
11		Instalado	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
12	Quarto 3	Altura (m)	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
13		Comprimento (m)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
14		Área (m2)	7,504	7,504	7,504	7,504	7,504	7,504	7,504	7,504	7,504	7,504
15		Instalado	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
16	Quarto 4	Altura (m)	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
17		Comprimento (m)	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
18		Área (m2)	8,6028	8,6028	8,6028	8,6028	8,6028	8,6028	8,6028	8,6028	8,6028	8,6028
19		Instalado	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗

Figura 18 - Tabela Excel de Apoio à execução do Auto

de um controlo rigoroso das medições, permitindo assegurar uma correspondência exata entre os materiais fornecidos, instalados e faturados. Este tipo de verificação contribui para uma gestão mais eficiente dos recursos da obra e reforça a transparência nos processos de pagamento (custos) e execução (prazos).

Para além desta tarefa, foram também realizadas medições de muros, com o objetivo de registar com precisão as dimensões executadas e garantir a correta contabilização dos trabalhos efetuados. Adicionalmente, procedeu-se à verificação da carga horária dos trabalhadores, de modo a assegurar que os pagamentos fossem efetuados com base em dados fiáveis, respeitando as horas efetivamente prestadas em obra. Estas atividades permitiram desenvolver competências práticas de controlo de quantidades e apoio à gestão administrativa da obra, contribuindo para um acompanhamento mais rigoroso da execução e para a transparência nos processos de medição e faturação.

4.4.2. VISTORIAS

Foi também realizada uma experiência de acompanhamento das vistorias técnicas em obra, em colaboração com os adjuntos de direção. Durante este processo, o autor teve a oportunidade de observar a metodologia adotada na execução das vistorias, nomeadamente com o auxílio do software *Procore*, ferramenta destinada a permitir a manutenção um controlo atualizado e rigoroso do progresso da obra. Através desta plataforma, foram sendo registadas as situações observadas em tempo real, fornecendo ao diretor de obra dados concretos e objetivos sobre o estado dos trabalhos. Para além disso, sempre que se identificavam inconformidades ou erros, eram deixadas notas escritas e localizadas no local, facilitando a sua correção posterior pelos responsáveis diretos, promovendo uma gestão mais eficiente e transparente. Esta plataforma será apresentada em detalhe no Subcapítulo 4.8. Exemplo da utilização da funcionalidade observações do software, Figura 19.

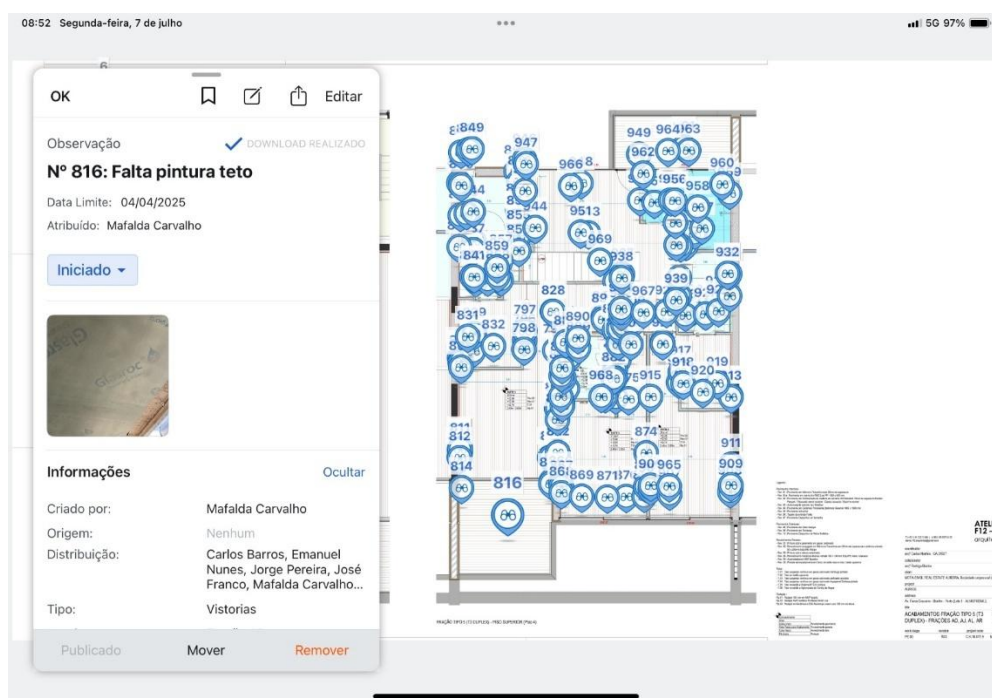


Figura 19 - Utilização do software para as vistorias

4.4.3. GESTÃO DOS RESÍDUOS GERADOS EM OBRA

Conforme preconizado pela legislação vigente, os resíduos de construção e demolição produzidos em obra eram devidamente separados por tipologia (códigos LER), sendo depositados em contentores específicos consoante a natureza dos materiais (como madeira, plástico, metal, entre outros). Posteriormente, estes contentores eram encaminhados para locais apropriados, onde os resíduos seriam tratados por empresas especializadas, de acordo com as normas em vigor para a gestão de resíduos de construção e demolição.

Determinados resíduos gerados em obra eram encaminhados para um ponto de deposição controlado, constituído por um buraco no solo revestido com uma manta permeável. Este sistema permitia que, ao serem depositados, os resíduos passassem por um processo de filtração rudimentar, onde as impurezas líquidas eram escoadas, enquanto os resíduos sólidos permaneciam retidos na manta. Esta solução, ainda que simples, visa reduzir o impacto ambiental direto, facilitando a separação física dos resíduos sólidos e contribuindo para a posterior recolha e tratamento adequado pelos serviços competentes.

Adicionalmente, com o objetivo de minimizar a produção de resíduos e otimizar o processo construtivo, as armaduras de ferro foram fornecidas pré-fabricadas em fábrica, permitindo uma montagem mais rápida e eficiente em obra. Esta estratégia contribuiu não só para reduzir o desperdício de materiais, como também para facilitar o trabalho dos operários, promovendo uma execução mais limpa, segura e sustentável.

A presença do autor em obra permitiu experienciar o processo de tratamento dos resíduos de construção, desde a o seu processo de geração dos resíduos até recolha e transporte do mesmo. Foi possível ordenar o seguimento dos processos:

1. Resíduos são gerados durante a execução de obra (demolição, escavação, construção);
2. Separação dos resíduos, estes são depositados em contentores de caixa aberta, separados por tipologia (inertes, perigosos, metálicos, plásticos, madeira, etc.), de acordo com as suas características físicas e químicas;
3. Armazenamento temporário em contentores apropriados, os resíduos são depositados em contentores de caixa aberta ou reservatórios específicos, devidamente identificados e sinalizados;
4. Monitorização da capacidade de enchimento, acompanhamento regular do volume ocupado nos contentores para planear a logística de recolha;
5. Comunicada à central de recolha dos resíduos que os contentores atingiram a capacidade limite;
6. Agendamento da recolha dos mesmos, num horário que não interfira trabalhos em obra;
7. Preenchimento da Guia de Acompanhamento de Resíduos (e-GAR), documento obrigatório que identifica o tipo de resíduo, quantidade, origem, destino e dados da empresa transportadora;
8. Recolha e transporte dos resíduos, a empresa licenciada realiza a recolha e transporte dos resíduos até à unidade de tratamento, valorização ou destino final;
9. Pesagem e registo, na unidade de destino, os resíduos são pesados e registados, sendo emitido comprovativo à entidade produtora dos resíduos;
10. Pagamento ou faturação, dependendo do tipo de resíduo (por exemplo, metais podem ter valor comercial), poderá haver um pagamento ou, pelo contrário, um custo associado ao tratamento;
11. Arquivo documental e reporte, todos os documentos (e-GARs, faturas, comprovativos de pesagem) são arquivados para efeitos de auditoria ambiental e cumprimento legal;
12. Análise de desempenho e melhoria contínua, realiza-se uma análise periódica da produção de resíduos para identificar oportunidades de redução, reutilização ou melhoria no processo de gestão.

4.4.4. BAME'S

O BAME é um documento, geralmente em formato de ficha, que detalha as características do material ou equipamento a ser utilizado, incluindo informações sobre o fornecedor, local de aplicação, documentação anexa e critérios de avaliação. O objetivo principal é assegurar que o material ou equipamento está de acordo aos requisitos do projeto e do caderno de encargos. Contribui para uma conformidade dos materiais, e controlo, rastreabilidade e a prevenção de problema. O autor visualizou o processo de preenchimento do documento no devido contexto, assim como o conteúdo presente no mesmo. Ver Figura 20. Anexado à folha de capa com as assinaturas/outras informações, encontrava-se anexada a ficha técnica do material e declaração de desempenho do mesmo.

	BOLETIM DE APROVAÇÃO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	
	OBRA: 12336 – Quinta da China - Lote 1	DATA: 11/06/2024
		BAME.CC.110

LOCAIS DE APLICAÇÃO: Paredes e Tetos Exteriores – Apartamentos e Moradias

MATERIAL / EQUIPAMENTO: Aglomerado de cortiça expandida MDFachada

FABRICANTE / MARCA: Amorim Cork Insulation

FORNECEDOR: Artur Macedo

DOCUMENTAÇÃO DO PRODUTO :

- Informação Técnica: Ficha Técnica	Nº de Pág.s : 2
- Doc. Homologação / Declaração de Desempenho: Declaração de Desempenho	Nº de Pág.s : 2
- Boletins de Ensaios (quando aplicável) :	Nº de Pág.s :

DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA :

- Caderno de Encargos :
- Articulado do CE: [2.5.6.2 / 2.5.4.2](#)
- Normas:

AMOSTRA PADRÃO (Nº AP) :

OBSERVAÇÕES :

	EMPREITEIRO		FISCALIZAÇÃO	
	ELABORADO	VISTO	RECEPÇÃO	Aprovação
IDENT.	Dimitris Santos	Artur Macedo		
CARGO	Técnica de Qualidade	Diretor de Obra		
RÚBRICA				
DATA	11/06/2024	11/06/2024		

Figura 20 – BAME

4.4.5. SEGURANÇA EM OBRA

Verificou-se um constante acompanhamento por parte do coordenador de segurança e saúde em obra relativamente à correta colocação da sinalização obrigatória no estaleiro, bem como na supervisão do cumprimento das normas de segurança por parte das diferentes equipas. Sempre que se detetavam infrações ou comportamentos inadequados, eram realizados contactos diretos com os responsáveis das empresas subcontratadas, de forma a corrigir de imediato as não conformidades e reforçar a importância do cumprimento rigoroso das regras de segurança e das orientações definidas para o bom funcionamento da obra.

4.4.6. COMUNICAÇÃO

Observou-se um acompanhamento constante da obra, bem como um apoio direto aos preparadores, promovendo um ambiente de trabalho colaborativo e positivo. Foram realizadas diversas visitas regulares ao local de realização dos trabalhos, com o objetivo de proceder à correção contínua de inconformidades e garantir a adequação da execução às exigências do projeto. Esta componente prática revelou-se particularmente relevante para o autoconhecimento do autor no âmbito da gestão de uma obra, uma vez que permitiu adquirir uma perceção concreta dos erros mais comuns e compreender, na prática, como os trabalhos devem ser conduzidos de modo a estar assegurada a conformidade com o caderno de encargos, as especificações técnicas e os requisitos legais aplicáveis. Para além disso, foi possível observar a forma como os diversos intervenientes comunicavam entre si, com vista à resolução de problemas, reformulação de soluções e alcance de consensos técnicos, aspetos fundamentais para a boa gestão e execução de qualquer obra.

4.4.7. ORGANIZAÇÃO

Durante este período houve oportunidade de assistir a uma reunião de obra que envolveu preparadores, o diretor de obra e encarregados. Foi evidente a importância de uma comunicação constante e eficaz entre os diversos intervenientes, o que contribuiu para uma articulação clara e eficiente entre o escritório e o terreno. Para além disso, o autor desta dissertação conseguiu estabelecer uma relação comunicativa sólida e estruturada com os diferentes profissionais envolvidos, promovendo um ambiente de trabalho colaborativo. As formas de organização, entre outras, foram constantemente colocadas à prova, nomeadamente através da necessidade de procurar informação, contactar fornecedores e redigir comunicações por correio eletrónico. Estas experiências revelaram-se particularmente relevantes para uma maior perceção dos desafios da gestão de obra e para o desenvolvimento de competências essenciais para um exercício profissional neste domínio de atuação.

4.5. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E CONSTRUTIVAS NO EMPREENDIMENTO AURÍOS

O empreendimento Auríos caracteriza-se pela adoção de um conjunto de soluções inovadoras, tanto ao nível das metodologias construtivas como dos materiais utilizados, com especial enfoque na ecoeficiência e na sustentabilidade. Estas inovações foram pensadas com o objetivo de melhorar o desempenho ambiental, para além da preocupação com a integração paisagística, a eficiência energética, a durabilidade das construções e a qualidade final dos edifícios, com vista à valorização dos imóveis e indo ao encontro das exigências contemporâneas do setor e do público-alvo.

Face às diversas soluções implementadas no projeto, optou-se por abordar, neste Subcapítulo, um conjunto limitado às que se destacam pela sua relevância técnica, potencial inovador e impacto direto no desempenho da obra. A seleção baseou-se também na existência de informação técnica, na possibilidade de análise comparativa com soluções convencionais ou “correntes” e na aplicabilidade prática observada ao longo do desenvolvimento do empreendimento. A Figura 21 apresenta um sumário das 3 soluções as quais são descritas em detalhe nos pontos seguintes. Merece referencia a utilização da cortiça, aplicada neste caso com uma função eminentemente estética, que contribui para o aspeto natural e orgânico do edifício, reforçando simultaneamente a identidade portuguesa através da utilização de um material autóctone e sustentável. A solução “Glassroc”, utilizada como alternativa ao tradicional, “Aquapanel”, foi selecionada por facilitar os trabalhos em obra, devido à sua leveza e manuseamento mais simples, sem comprometer o desempenho técnico. Estas escolhas refletem uma abordagem consciente e integrada, que alia funcionalidade, economia, durabilidade e respeito pelo meio ambiente, demonstrando o potencial transformador da inovação na construção contemporânea.



Figura 21 - Soluções Inovadoras abordadas

No contexto soluções inovadoras relevantes, foram selecionadas três, das quais estão presentes no empreendimento:

- Coletores solares Autorreguláveis da Sunaitec;
- Agregados provenientes de resíduos urbanos (AEIRU) da ValorSul;
- Coberturas verdes da Projar.

De seguida, as soluções serão apresentadas, identificando as suas funcionalidades e características, posteriormente serão comparadas no Capítulo 5.

4.5.1. COLETOR SOLAR FOTOVOLTAICO- DESCRIÇÃO TÉCNICA E INCORPORAÇÃO EM OBRA

4.5.1.1. APRESENTAÇÃO

O sistema presente em obra acopla-se a uma estrutura metálica batizada de pérgula, estrutura metálica em aço galvanizado, pintada em cinzento metalizado para o seu acabamento. Esta estrutura irá ser aparafusada em consola à laje de betão das coberturas, onde depois serão colocados os coletores solares suportados por essa mesma estrutura. Os coletores solares reguláveis por sua vez irão ser fixados à estrutura metálica também pelo meio de parafusos altamente tracionados, atuando como coletores de energia solar e provedores de sombra para a zona de varanda, ajustando a sua inclinação conforme a incidência do sol devido à suas estruturas de lâminas moveis, Figura 22.

Os coletores são instalados sobre os decks das varandas das moradias e apartamentos, Figura 23.

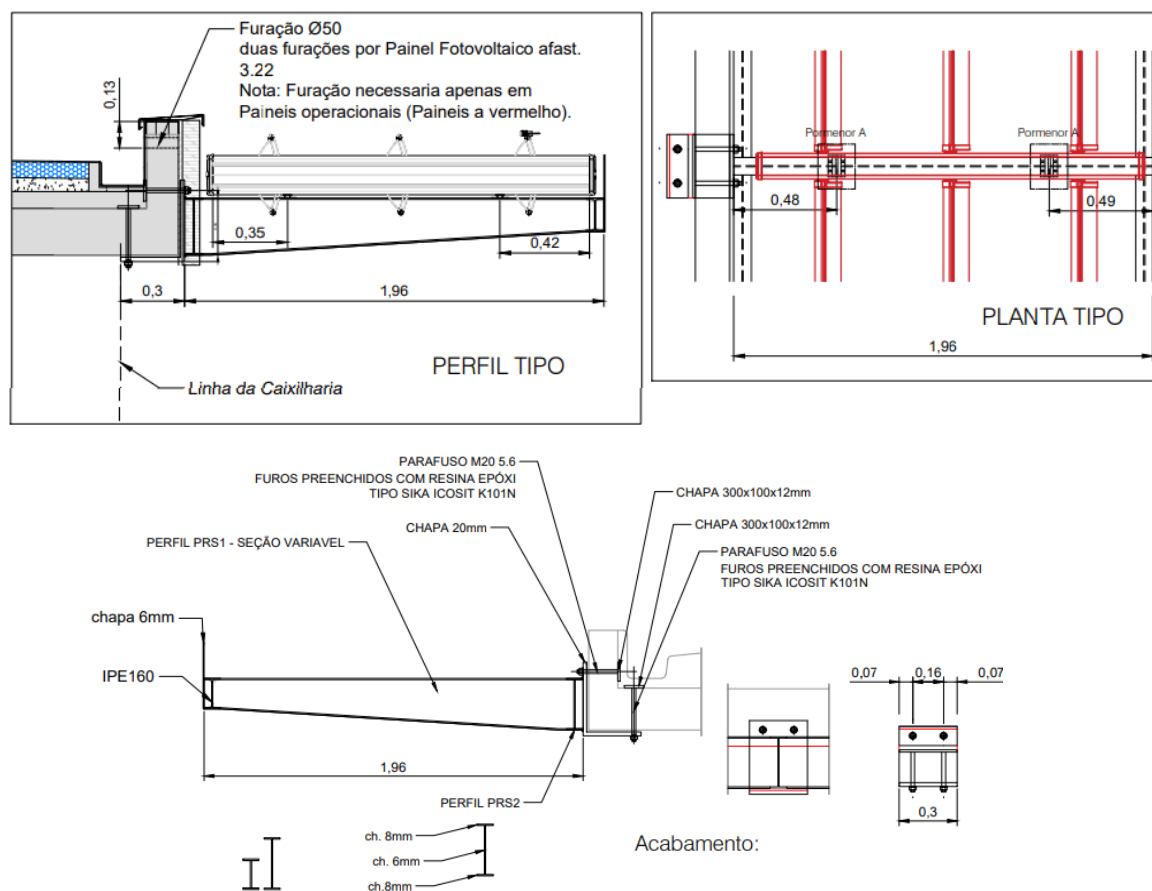


Figura 22 - Visualização 2D do sistema de disposição das pérgulas e dos coletores

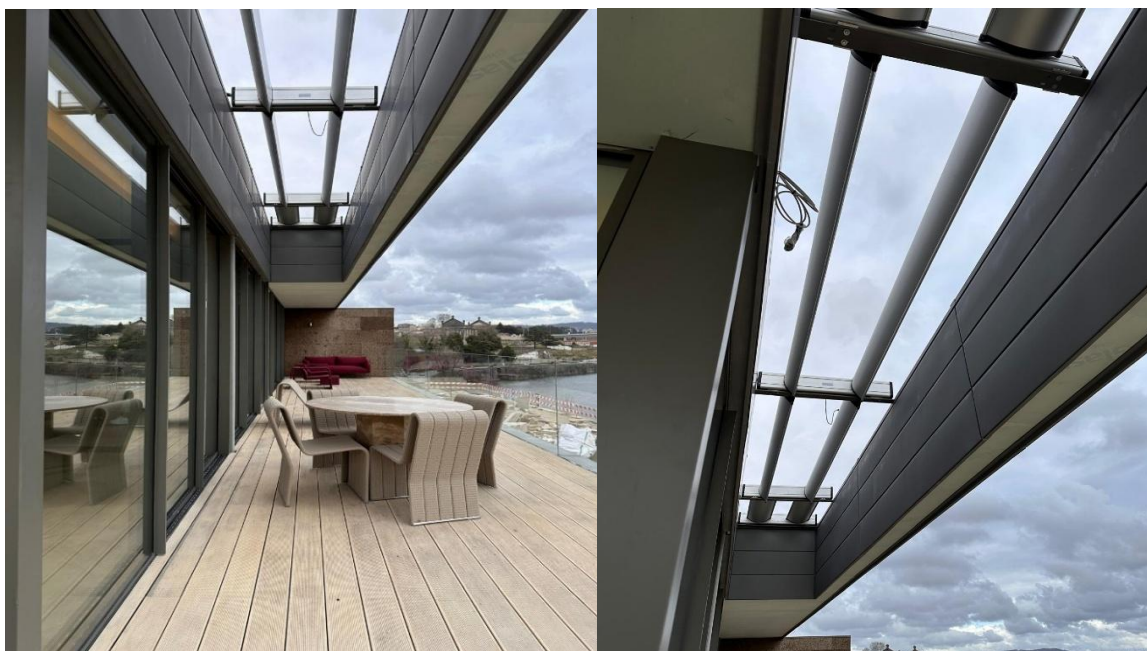


Figura 23 - Disposição dos coletores solares em obra

4.5.1.2. FUNCIONALIDADE

Esta estrutura tem dois objetivos: a geração de energia renovável e o aquecimento direto de águas sanitárias.

A estrutura é composta por quatro lâminas, sendo que duas fazem parte da estrutura e visam assegurar a estética e continuidade da peça, e as outras duas totalmente funcionais e incorporadas com os coletores.

Importa referir, e apenas a título de curiosidade, que para além deste sistema, na cobertura foram instalados painéis solares que fornecem energia aos eletrodomésticos da moradia, providos de uma bateria para o caso de captarem o máximo de energia possível, esta poder ser armazenada para o seu posterior consumo.

Tradicionalmente são empregues placas que ocupam grandes áreas na cobertura das casas. A flexibilidade nula destas estruturas em se adaptarem ao espaço, à arquitetura e à exposição solar das habitações motivou a necessidade de inovar a tecnologia.

O equipamento, na forma de uma estrutura solar, é formado por colunas técnicas e por um número variável de recetores solares térmicos, alinhados com o sol, por sensores ativos de guiamento. Esta característica garante maior eficiência energética, comparativamente com os equipamentos fixos tradicionais, uma vez que o mecanismo de orientação solar inteligente mantém o recetor constantemente alinhado com o sol.

Os coletores rodam consoante a posição de maior captação, fazendo o seu percurso de Sul para Norte. Este sim, é o primeiro coletor solar que possibilita a integração arquitetónica nos edifícios, sem necessidade de requisitos especiais de instalação. A Figura 24 e Figura 25 demonstram a forma de funcionamento da solução.

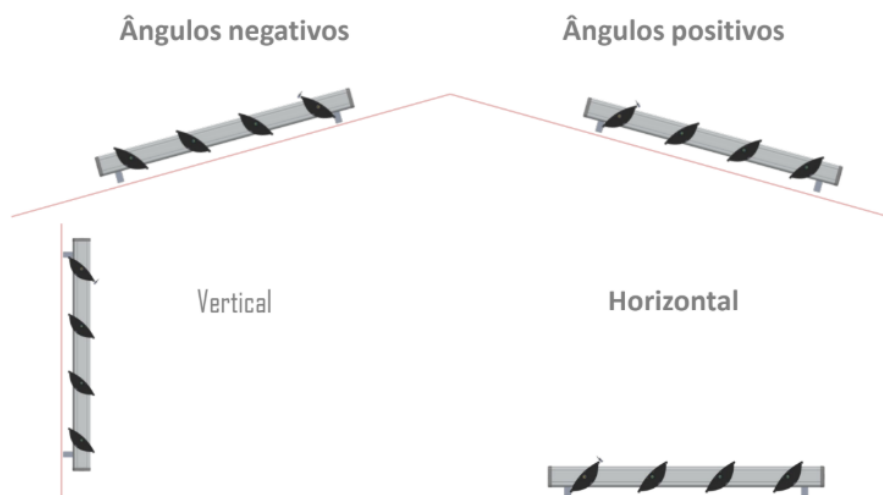


Figura 24 - Posições possíveis de instalação do equipamento



Figura 25 - Rotação das placas consoante o eixo de instalação do equipamento

Características do sistema:

- Total Integração Arquitetónica;
- Tecnologia CSP com guiamento solar;
- Maior produção de energia/m²;
- Controlo automático da temperatura;
- Monitorização;
- Função *ON/OFF*.

Este equipamento capta a energia solar e transforma-a em corrente contínua, com a ajuda de um inversor a corrente contínua é convertida em alternada para poder aquecer as águas quentes sanitárias. Com a ajuda de um dispositivo ótico e recetores inteligentes, o sistema conseguirá concentrar 19x mais energia que outros sistemas tradicionais e obter o máximo rendimento energético possível, mesmo nos meses mais fracos como o inverno. Quando o sistema atinge o máximo de energia captada pelos coletores,

desativa-se para poupar energia e não sobrecarregar o equipamento e sistemas. A solução integra um software que para além de gerir o aquecimento da água, permite otimizar automaticamente a temperatura da casa, assim como monitorizar a atividade do coletor, fazer diagnósticos e fornece ao utilizador o acesso a diversas funcionalidades [44].

A utilização de materiais à base de polímeros e a ausência de soldaduras, confere ao equipamento uma longevidade superior [44].

Para além do guiamento solar, o sistema de controlo térmico não só consegue controlar as temperaturas nos depósitos, como protege a instalação de sobreaquecimentos nos meses mais quentes, por método de desalinhamento automático do sol [44].

4.5.2. AGREGADOS ARTIFICIAIS DE ESCÓRIAS DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS (AEIRU)

4.5.2.1. APRESENTAÇÃO

O AEIRU corresponde a um agregado artificial obtido a partir das escórias resultantes da incineração de resíduos urbanos, sendo especificamente destinado à aplicação em camadas não ligadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários. A sua composição de material de granulometria extensa e por permitir a redução dos impactos ecológicos associados à exploração das matérias-primas, constitui uma alternativa sustentável aos agregados naturais.

Em termos ambientais a exploração descontrolada dos recursos naturais, não só provoca a degradação dos ecossistemas como a erosão dos solos, emitindo elevadas quantidades de gases com efeito de estufa, nomeadamente o CO₂. O AEIRU, apresenta uma solução mais sustentável, preservando o meio ambiente e repondo os resíduos de novo no “ciclo de vida”.

O material utilizado na obra em análise foi fornecido pela empresa Valor Sul, entidade parceira da Mota-Engil, sendo igualmente comercializado pela Lipor. Ainda que distribuído por diferentes operadores, o processo de produção do agregado mantém-se uniforme, assegurando a consistência e a fiabilidade do produto final. A sua aplicação no contexto específico da obra teve como principal finalidade a demonstração prática do seu potencial e a valorização do projeto enquanto exemplo de inovação e compromisso com princípios de sustentabilidade ambiental, nesta situação, por parceria, não foi cobrado qualquer custo à empresa, nem do material, nem do transporte [45],[46].

4.5.2.2. PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO

A Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos da Valorsul é responsável pela incineração dos resíduos indiferenciados provenientes dos agregados domésticos, operando simultaneamente como unidade de produção de energia elétrica. Diariamente, cerca de 2.000 toneladas de resíduos são recebidas e pesadas à entrada e à saída das instalações, assegurando o controlo rigoroso das quantidades processadas, tudo isto estará em funcionamento 24/7 durante o ano todo. Após a descarga na plataforma de receção, os resíduos são conduzidos por garras para tremonhas que os alimentam aos fornos, onde são incinerados a temperaturas próximas dos 900 °C. A instalação dispõe de três fornos, cada um com uma capacidade de incineração de aproximadamente 28 toneladas por hora [45].

A energia térmica gerada na combustão é utilizada para produzir vapor de alta pressão, que movimenta turbinas acopladas a geradores elétricos. Uma parte significativa da eletricidade gerada é integrada na Rede Elétrica Nacional, com capacidade estimada para abastecer uma cidade de 150 mil habitantes. A

produção elétrica bruta de 587 kWh por tonelada de resíduo urbano (RU), conta apenas com um autoconsumo da produção de apenas 85 kWh por tonelada de RU (resíduo urbano) [45].

Importante referir, que as escórias, resíduo sólido resultante da incineração, são um subproduto da combustão de resíduos. O principal objetivo é a obtenção de energia elétrica pela queima dos resíduos, contudo, ao queimar os resíduos nas condições certas, formam-se escórias que podem ser utilizadas para outros consumos, tal como o caso do Aurios.

Os gases resultantes da incineração passam por um sistema de tratamento de elevada eficiência, que remove os poluentes e origina cinzas volantes, as quais são encaminhadas para unidades especializadas no tratamento de resíduos perigosos, cerca de 30 kg por tonelada de RU incinerado. Paralelamente, as escórias geradas são arrefecidas e processadas numa unidade própria, onde são separados metais ferrosos e não ferrosos para reciclagem. As escórias tratadas podem ser valorizadas como material de enchimento em sub-bases de estradas ou para cobertura de aterros sanitários. No final para uma porção de 1 tonelada de RU incinerada, cerca de 200 kg de escória são gerados [45].

O tratamento de gases de combustão constitui uma etapa fundamental nos processos industriais e energéticos, a implementação de tecnologias eficazes de controlo e remoção destes poluentes é essencial para garantir o cumprimento das normas ambientais, melhorar a qualidade do ar e contribuir para a mitigação das alterações climáticas. Abaixo estão apresentados processos de remoção tanto de materiais perigosos e gases presentes no resíduo [45]:

- Sistema de remoção de óxidos de azoto: Processo de remoção seletiva, não catódica por injeção de solução aquosa de amónia, na câmara de combustão da caldeira;
- Sistema de remoção de gases ácidos: Processo semiseco por injeção de leite de cal;
- Sistema de remoção de metais pesados: Por injeção de carvão ativado;
- Sistema de remoção de partículas: Por filtros de mangas de alto rendimento.



Figura 26 - Processo de Obtenção da escória

4.5.2.3. PROCESSO DE TRATAMENTO PARA OBTENÇÃO DO PRODUTO FINAL, AEIRU

As escórias correspondem à parte não incinerada, apresentando um aspeto mais granular. São enviadas para uma instalação de tratamento e valorização de escórias (ITVE) e depositadas num aterro, passando

por uma fase de maturação de cerca de 3 meses pelo menos, promovendo reações com potencial de lixiviação [45],[47].

As escórias estarão dispostas numa pilha prismática de forma triangular, com 4 metros de altura no máximo e com cerca de 5000 toneladas cada. Na duração deste processo, irá ser remexido parcialmente para favorecer a maturação e arejar o sistema. Auxiliarmente, inspeções visuais são cruciais para durante as intervenções identificar-se qualquer presença anómala face à natureza das escórias. Após finalizada a maturação, o elemento irá ser submetido a um processo de remoção de metais, obtendo uma granulometria da escória mais fina, seguida de crivagem para obter a fração granulométrica pretendida. A crivagem consiste na separação das escórias em agregados com granulometria 0/4 mm, 4/60 mm e superiores a 60 mm. Frações superiores a 60 mm são descartadas para aterro, para serem aproveitadas para outras funções. Com recurso a um separador magnético e correntes de Foucault, irá nos permitir a obtenção das restantes granulometrias já com a parte ferrosa do elemento removida [45],[47].

Ambas as frações resultantes do processo atrás descrito irão ser misturadas e novamente crivadas, de modo a conseguir uma separação de granulometria de 0-32 mm e maior que 32 mm da fração inicial. Frações superiores a 32 mm são descartadas para novo aterro, para ser reaproveitada para outras funções [45],[47].

A prevenção à contaminação do produto, é realizada muito meticolosamente. É estritamente necessário que a pilha de material esteja isenta de materiais contaminantes, restos de outro agregado ou misturada com outros produtos. Baías são instaladas assegurando a não potencialidade de mistura do produto. Os caminhos devem ser regularmente limpos para que a passagem da maquinaria de transporte seja facilitada. “Baías de separação de resíduos, também conhecidas como áreas de acondicionamento de resíduos, são espaços designados dentro de uma indústria ou empresa para separar os resíduos por tipo. Estas baías ajudam a facilitar a gestão dos resíduos, permitindo que sejam identificados e armazenados de forma adequada para posterior tratamento ou reciclagem.” [45],[47].

A jusante, de onde é realizado estes processos, será feita a recolha e movimentação de agregados. Pás carregadoras são encarregues da movimentação e formação das pilhas do material disposto [45],[47].

Terão de ser respeitadas regras de espaçamento entre pilhas no caso de existir mais do que uma. A base tem de estar livre de quaisquer tipos de contaminantes ou plásticos ou metais e respeitada a estabilidade e acessibilidade da pilha e do local respetivamente. Durante 6 meses as pilhas são armazenadas, identificadas pelo meio de placas e caso necessário, balizamento entre elas. No caso de condições ambientais desfavoráveis, como o caso de elevado teor de humidade, terão de ser colocadas lonas para proteger os agregados contra a chuva e a humidade. No caso de interferir no processo produtivo, este deverá ser suspenso [45],[47].

As escórias de incineração são processadas, maturadas e sujeitas a um rigoroso controlo de qualidade para obtenção do AEIRU, em suma as considerações finais serão [45]:

- A sua pegada de carbono será bastante significativa, porque resulta da incineração;
- A incineração produz energia para a rede nacional, sendo esta a maior receita da Valorsul. A temperatura de queima dos resíduos será a que produz o valor “ótimo” de energia, resultando por vezes em inqueimados, separados na triagem;
- Se não for utilizado, este agregado será depositado em aterro, perdendo parte do seu propósito;
- Utilizar as escórias neste tipo de fins diminui a taxa de crescimento dos aterros sanitários, ou seja, demorará mais tempo até que o a célula de aterro atinja a cota máxima para que esta seja encerrada e começar-se outra, o que ocupará espaço;
- Não estamos a extrair agregado natural, que é um recurso limitado;

- Apesar de ter uma pegada de carbono grande associada, a utilização deste material, pelas razões mencionadas acima, promove a circularidade.

Para além disto o Agregado passa por um processo de certificação rigoroso, na qual a Valorsul caracteriza permanentemente todos os lotes produzidos para efeitos de marcação CE, analisando adicionalmente os requisitos de lixiviação para resíduos não-perigosos (do Decreto-Lei n.º 102-D/2020), ficando a pouco de cumprir os requisitos para inertes. As características estão declaradas segundo os requisitos da norma NP EN 13242. Segundo o DA 58 do LNEC, este material pode ser aplicado em camadas de base, sub-base ou no leito do pavimento, desde que obviamente cumpra com os requisitos do caderno de encargos da empreitada em questão. Habitualmente para obras rodoviárias os Donos de Obra usam o CETO (Caderno de encargos tipo obra) da Infraestruturas de Portugal, que define, entre outras tantas coisas, as características dos materiais a utilizar na obra [45].

4.5.2.4. APLICAÇÃO DO AEIRU, DESAFIOS E VANTAGENS

O material foi aplicado conforme o caderno de encargos na via principal de acesso aos apartamentos e moradias tipo 2. Contou com o apoio de uma equipa e maquinaria especializada para a aplicação. Figura 27.



Figura 27 - Aplicação do AEIRU

A sua aplicação apresenta diversas vantagens, nomeadamente a sua elevada durabilidade e a capacidade de absorver eficazmente líquidos, o que permite reduzir a necessidade de sistemas de drenagem complexos, tornando-se, por isso, uma solução de baixa manutenção. Estes materiais revelam-se eficazes no desempenho técnico, sendo, no entanto, importante considerar que podem apresentar ligeiras

irregularidades na forma, próprias do seu processo de produção. Ainda assim, estas características não comprometem a sua funcionalidade, podendo, inclusivamente, acrescentar valor estético e técnico ao edificado, sobretudo quando integrados em projetos que privilegiam soluções inovadoras e sustentáveis.

Apesar das suas potencialidades, existem desafios relevantes associados à sua utilização, entre os quais se destacam a necessidade de um controlo rigoroso de contaminantes, o enquadramento técnico-normativo e a necessidade de comprovação do seu desempenho a longo prazo. Adicionalmente, a sua disponibilidade é ainda limitada em Portugal, uma vez que, atualmente, apenas existem duas incineradoras em funcionamento – uma no Porto e outra em Lisboa. Esta limitação geográfica, aliada aos custos logísticos associados ao transporte do material, impede a sua utilização generalizada no território nacional.

Contudo, estão em desenvolvimento planos para o alargamento da infraestrutura nacional, com a construção de novas unidades de incineração previstas para o centro e para a região sul do país, nomeadamente o Alentejo e o Algarve. Esta expansão visa aumentar significativamente a capacidade de valorização energética dos resíduos, tornando o acesso a este tipo de material mais equitativo e eficiente [48].

4.5.3. COBERTURAS VERDES

4.5.3.1. INTRODUÇÃO

As coberturas verdes representam uma solução construtiva sustentável que resulta na aplicação de vegetação sobre lajes ou coberturas, com benefícios ao nível ambiental, térmico e visual. Este tipo de solução tem vindo a ganhar destaque na arquitetura contemporânea e nas políticas urbanas, principalmente em resposta às alterações climáticas e à necessidade de reduzir a impermeabilização dos solos nas cidades.

As coberturas verdes classificam-se em 3 sistemas diferentes, caracterizada pelo tamanho da vegetação, extensiva, semi-extensiva, intensiva, sendo que no empreendimento Aurios foi aplicado o sistema extensivo.

As coberturas vegetais são ajardinamentos sobre superfícies impermeáveis que isolam, protegem e aproveitam a água, evitam a infiltração de humidade e permitem que espaços que normalmente não são usados sejam reaproveitados.

A crescente adoção de soluções construtivas ambientalmente sustentáveis tem impulsionado o interesse pelas coberturas verdes, cuja relevância se reflete na sua aplicação em diferentes tipologias edificadas e nos múltiplos benefícios que proporcionam ao ambiente urbano e ao desempenho dos edifícios, tais como o controlo da drenagem de água, eficiência energética, efeito de ilha de calor, acústica melhorada.

4.5.3.2. SISTEMA PROJAR

O sistema Projar de coberturas verdes constitui uma solução técnica completa para a criação de coberturas ajardinadas, integrando diferentes camadas com funções específicas que asseguram o correto funcionamento e a durabilidade do sistema. De seguida, apresentam-se as principais camadas que compõem esta solução. Figura 28.



Figura 28 - Disposição de camadas, cobertura verde

As camadas estão divididas por níveis funcionais característicos. A camada de solo, engloba a vegetação e o substrato, tem como principal funcionamento o desenvolvimento das espécies vegetais, garantindo as condições necessárias por o enraizamento das mesmas sem comprometer a segurança das restantes camadas. Adicionalmente retêm água, protegem contra a radiação solar e melhora o isolamento térmico e acústico para além de aumentar a biodiversidade.

Camada filtrante, tem como função principal impedir a passagem de partículas finas do substrato para as camadas adjacente á camada drenante, evitando assim o entupimento desse mesmo elemento.

A camada drenante regula o armazenamento e a drenagem da água que se acumula na cobertura verde, a disposição deste elemento é em tapete composta por cones que retêm água, não deixando o solo seco e em caso de elevado caudal de água acumulado são capazes de direcionar a água para os tubos drenantes.

Camada protetora é composta pela proteção mecânica e a membrana anti-raíz, que a única função é exclusivamente de proteção. A proteção mecânica serve de proteção a eventuais cargas pontuais, impactos e manutenções, salvaguardando a membrana impermeabilizante. A membrana anti-raíz serve de proteção á membrana impermeabilizante contra danos causados pelas raízes evitando infiltrações garantindo a durabilidade e o bom desempenho do sistema.

Por fim iremos ter a camada de impermeabilizante, composta por uma membrana que evita a penetração de humidade para a laje e posteriormente para o interior da moradia. As diferentes camadas são colocadas sem a necessidade de perfuração na cobertura.

4.5.3.3. APRESENTAÇÃO DO MATERIAL

A composição das coberturas verdes baseia-se na utilização de diferentes materiais técnicos, organizados em camadas com funções específicas, que asseguram o bom desempenho do sistema. No caso da cobertura verde extensiva implementada na obra em estudo, foram utilizados materiais selecionados

para garantir a proteção da impermeabilização, a drenagem eficaz, a retenção hídrica, o desenvolvimento da vegetação e a durabilidade do conjunto.

De seguida, apresentam-se os materiais constituintes das diferentes camadas, citado com as referentes fichas técnicas retiradas da Zinco. Na Figura 29 é possível visualizar as disposições das diferentes camadas.

- Vegetação- Múltiplas tipologias
- Substrato- Substrato Sedum [49]
- Filtro- Sistema SF [50]
- Drenagem- Floradrain® FD 25-E [51]
- Proteção mecânica- Manta de protecção e retenção SSM 45 [52]
- Membrana antiraiz- Tela Anti-raízes WSF 40 [53]
- Membrana impermeabilizante- Escolha do consumidor

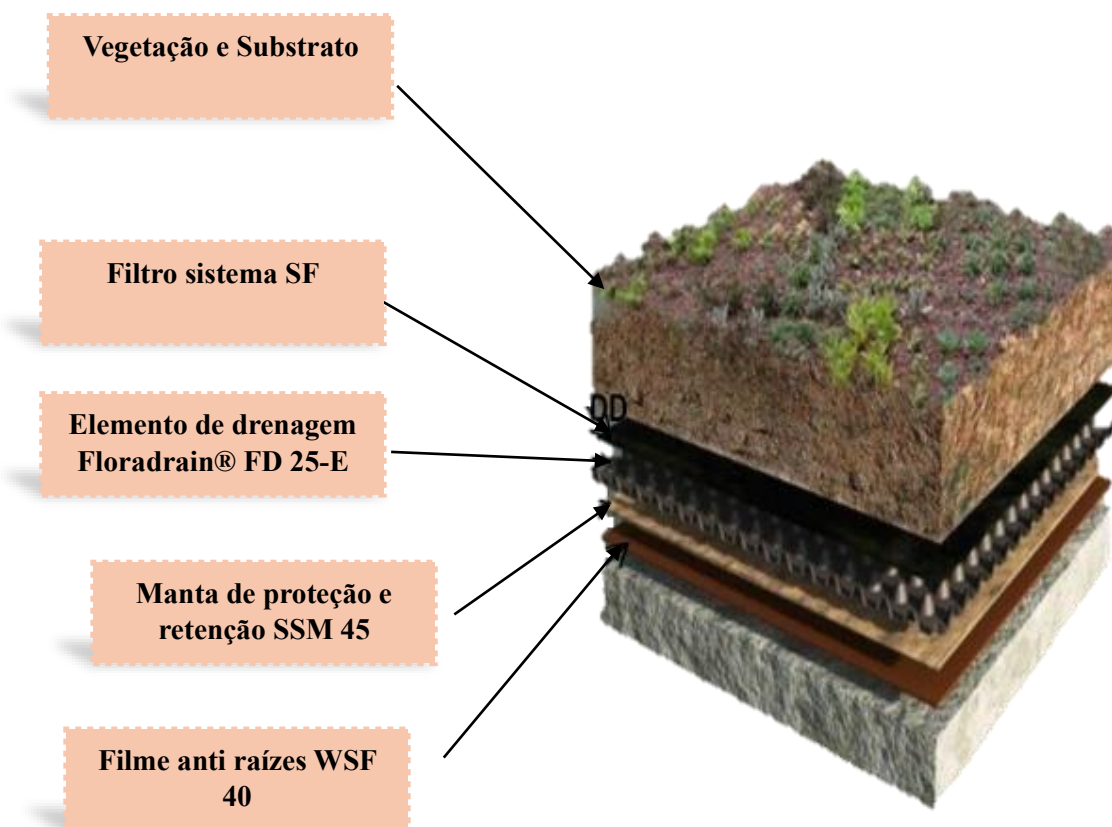


Figura 29 - Esquema de camadas com os respetivos materiais na cobertura verde

4.5.3.4. FASES DE EXECUÇÃO

A execução de uma cobertura verde extensiva requer o cumprimento rigoroso de várias fases construtivas, de modo a garantir a eficácia do sistema, a durabilidade dos materiais e o adequado desenvolvimento da vegetação. Estas fases incluem a preparação da superfície, a aplicação sequencial

das diferentes camadas técnicas e a instalação da vegetação, seguindo as especificações do projeto e as recomendações do fabricante. Em seguida será disposto as sete fases de execução da mesma:

- 1- Limpeza da cobertura
- 2- Teste de estanquidade
- 3- Estender as lâminas
- 4- Elementos singulares
- 5- Espalhar o substrato
- 6- Plantação
- 7- Instalação da rega

O processo inicia-se com a limpeza da superfície da laje, assegurando-se que esta se encontra livre de resíduos e elementos soltos. Segue-se o teste de estanquidade, fundamental para verificar a integridade da impermeabilização existente. Posteriormente, procede-se ao desenrolar e extensão das lâminas funcionais, incluindo a membrana anti-raiz, a camada drenante e os geotêxteis de proteção e filtragem. São ainda tratados os elementos singulares, como ralos, juntas e perímetros, de forma a garantir a continuidade e eficácia do sistema. Após a preparação das camadas técnicas, espalha-se o substrato, garantindo a sua distribuição uniforme e a espessura prevista em projeto. A fase seguinte corresponde à plantação das espécies selecionadas, assegurando o seu correto posicionamento e densidade. Por fim, realiza-se a instalação do sistema de rega, indispensável ao sucesso inicial do enraizamento e ao desenvolvimento da vegetação.



Figura 30 - Limpeza da Cobertura



Figura 31 - Teste de estanquidade



Figura 32 - Extensão das lâminas



Figura 33 - Aplicação elemento de drenagem



Figura 34 - Rega do elemento drenante para teste



Figura 35 - Aplicação do filtro em forma de manta



Figura 36 - Instalação de drenos



Figura 37 - Colocação do substrato



Figura 38 - Alocação do substrato por meio de BigBags

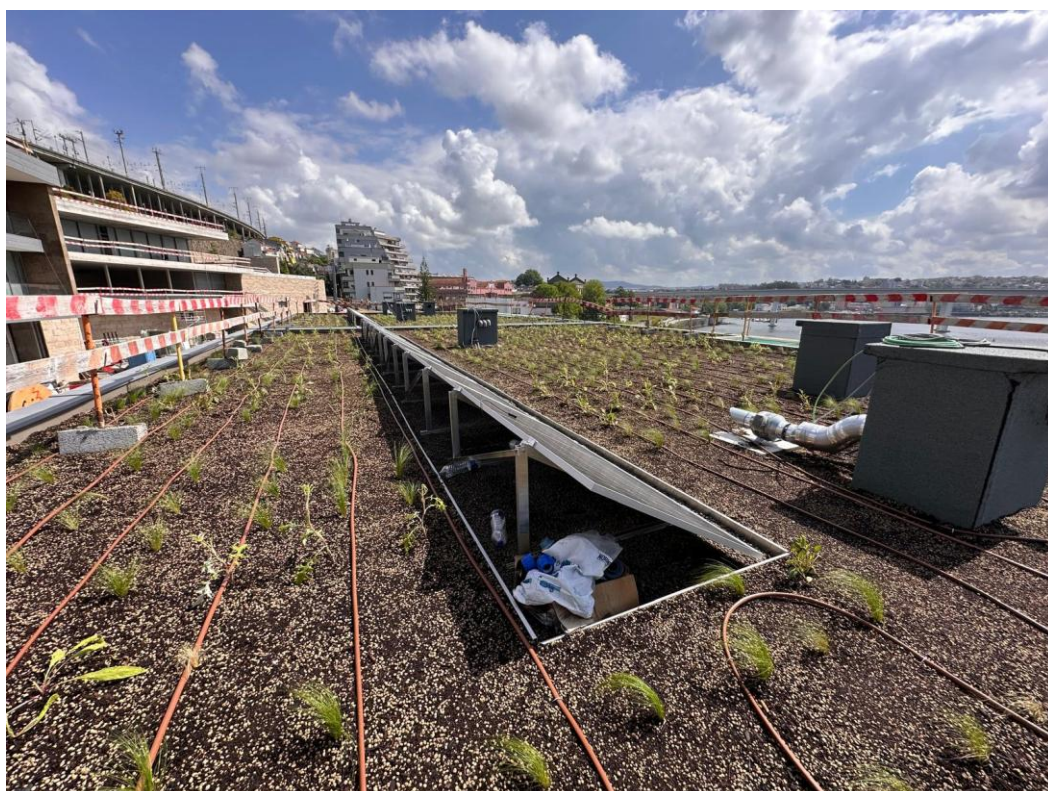


Figura 39 - Estrutura final da cobertura verde no empreendimento Aurios

4.8. DIGITALIZAÇÃO DA GESTÃO DE OBRA: O CASO DO *PROCORE* COMO INOVAÇÃO

4.8.1. INTRODUÇÃO.

O objetivo deste Subcapítulo será apresentar uma visão geral do software e algumas das suas funcionalidades mais utilizadas no contexto do caso de estudo. Com isto será possível perceber a dinâmica do software e o seu propósito para uma melhoria da qualidade na gestão de uma obra.

O *Procore* é uma plataforma de gestão da fase de construção, onde todos os dados ficam armazenados numa nuvem, permitindo às empresas a supervisão de processos ao longo da evolução da obra e sua entrega. Entre as principais características destaca-se a gestão de documentos, calendarização de projetos, Pedidos de Informação (RFIs), apresentações, registos diários e inspeções no terreno. Fundado em 2002 por Craig “Tooey” Courtemanche, o *Procore* é um sistema criado e desenvolvido para antecipar e mitigar problemas de gestão de construção [54].

Na secção seguinte, apresentam-se as funcionalidades mais frequentemente utilizadas no software *Procore*.

4.8.2. DAILY LOG

O registo das entradas em obra, bem como da quantidade de trabalho executado, revela-se fundamental para o controlo e monitorização do projeto. No entanto, a necessidade de preenchimento frequente de documentos para verificação destes parâmetros pode ser percecionada pelas equipas de trabalho como uma tarefa repetitiva e pouco apelativa, o que torna o seu cumprimento consistente mais difícil de assegurar [55].

O *Daily Log* (Registo Diário) é uma funcionalidade central da plataforma Procore que faz o registo diário de toda a documentação sobre as atividades ocorridas em obra, de uma forma rápida e eficiente. O seu objetivo é facilitar a comunicação entre os diversos intervenientes do projeto, promovendo documentação rigorosa e em tempo real de ocorrências diárias, fundamentais para o controlo da execução, mesmo no modo offline, e em qualquer tipo de dispositivo móvel [55].

Este módulo disponibiliza uma variedade de secções configuráveis, permitindo adaptar o registo às necessidades específicas de cada projeto. Podemos obter informação se formulários de segurança foram preenchidos, horários dos funcionários, incluindo turnos da noite ou dia, reuniões, para além do registo de entradas e saídas de todos os intervenientes em obra. Documentos do tipo para entregas de materiais e equipamentos, utilização de maquinaria, inspeções, visitas e obra de terceiros também são todos registados no software. O registo meteorológico é atualizado automaticamente ao longo do dia com base em fontes locais, podendo ser complementado com observações manuais quando necessário [55].

Todas estas funcionalidade permitem manter o local de trabalho mais organizado, e atualizado em tempo real.

4.8.3. SUBMITALLS

A funcionalidade "Envios" do Procore é um processo de submissão, revisão e aprovação de documentos técnicos e materiais. Todo este processo é necessário para garantir a conformidade técnica e qualitativa de um projeto de construção, assegurando que tudo o que é executado ou instalado em obra está de acordo com o que foi projetado e especificado. Permite organizar os registos de envios de forma estruturada, podendo ser classificados por divisão e complementados com documentos, como desenhos técnicos, páginas de catálogos de produtos ou outras peças escritas relevantes, a partir de um scan ao

documento todo, é possível automaticamente obter uma separação do mesmo em diferentes tópicos presentes no documento. Os ficheiros podem ser anexados diretamente a partir do computador do utilizador ou através da ferramenta "Documentos" do projeto. Adicionalmente permite o acompanhamento do estado atual de cada envio, indicando claramente quem são os intervenientes responsáveis por tomar ação em cada fase do processo. Além disso, permite também uma localização rápida e eficiente de qualquer envio previamente registado [55].

Outra funcionalidade importante é a possibilidade de anexar, de forma direta, documentos e desenhos técnicos aos envios, garantindo maior rigor e centralização da informação. O Procore possibilita ainda a atribuição de múltiplos utilizadores aos grupos de "Remetente" e "Aprovador", tornando o fluxo de trabalho mais flexível e colaborativo. Paralelamente é possível colocar notas, sublinhar, colocar carimbos de aprovação nos documentos, obtendo assim uma máxima eficiência na comunicação entre todos os intervenientes do projeto [55].

4.8.4 RFI's

Os RFIs (Requests for Information ou Pedidos de Informação) são uma funcionalidade essencial da plataforma Procore, destinada à gestão formal dos pedidos de esclarecimento sobre questões técnicas, construtivas ou contratuais que surgem ao longo do ciclo de vida de um projeto de construção. A criação de um RFI é bastante simples, com apenas a necessidade de um dispositivo móvel, podemos comunicar a nossa dúvida ao devido partido, com a opção de inclusão de fotos, ou pdfs para melhor contextualização. Paralelamente podemos também associar a dúvida a um local específico, inclusive na planta específica do projeto, irá facilitar a comunicação e no caso de ser estabelecido datas de resposta, caso ultrapassado o limite, várias notificações serão enviadas ao destinatário informando o seu incumprimento. Para além disso, todos estes pedidos podem ser afixados ao diretor de obra, na qual será notificado e poderá ver a lista toda de todos os pedidos feitos, até a data de conclusão do projeto [55].

A possibilidade de esclarecer dúvidas diretamente no local, através de uma simples mensagem enviada a partir de um dispositivo móvel, aliada à centralização da informação na plataforma, facilita significativamente o acesso e a consulta por todas as partes envolvidas no projeto [55].

4.8.5. DRAWINGS

No contexto da plataforma *Procore*, a funcionalidade *Drawings* (ou Desenhos) refere-se ao módulo destinado à gestão centralizada, colaboração e controlo das versões dos desenhos técnicos e planos do projeto de construção. Quando os pdf's são submetidos, para além de poderem ser separados por área/especialidade, o Procore automaticamente lê os números e os nomes das plantas e é capaz de colocar por categorias automaticamente, (ex: estruturas, saneamento, eletricidade, etc). Nos desenhos poderão ser assinalados RFI's, fotos, *punch items*, observações, coordenações, inspeções, e hiperligações, onde serão apresentadas com um ícone correspondente ao tipo de pedido. Todos estes ícones podem ser filtrados por tipo, ajudando a manter as equipas organizadas e focadas no trabalho. Pode-se, também, configurar permissões de acesso para que apenas pessoas autorizadas possam ver ou editar os desenhos, protegendo assim a integridade dos documentos [55].

O principal objetivo será a substituição do papel por funcionalidade, na qual permite manter sempre os nossos desenhos atualizados, evitando a desorganização dos papeis e versões desatualizadas. Sempre que existe uma nova versão do desenho haverá um alerta a avisar tal procedente, no entanto ainda será possível comparar com a versão anterior, a cor azul estará explícito o que foi acrescentado e a vermelho

o que foi suprimido. A sincronização rápida dos dados permite ter acesso a isto tudo no modo offline [55].

4.8.6. PUNCH LIST

A funcionalidade *Punch List* (Lista de Pendências ou Lista de Trabalhos a Concluir) destina-se ao registo, gestão e acompanhamento das não conformidades, trabalhos inacabados ou elementos que necessitam de correção ou finalização numa obra. Esta ferramenta é particularmente utilizada nas fases de inspeção, pré-entrega e encerramento do projeto, embora possa ser aplicada em qualquer momento em que se identifiquem itens a corrigir ou completar [55].

A *punch list* junta todos esses itens e consolida-os num lugar só, permitindo rastrear e prever melhor uma conclusão atempada e bem-sucedida. Esta funcionalidade dá aos utilizadores a possibilidade de criar elementos de pendência, incluindo detalhes como descrição do problema, localização, pessoa responsável e prazo de resolução, podendo ainda ser acompanhado de fotos e documentos [55].

Para garantir que as pendências são resolvidas a tempo, permite acompanhar o “status” de cada elemento após atribuição dos elementos a membros específicos da equipa, notificando e enviando alertas sempre que novas atualizações surgem [55].

4.8.7. OBSERVATIONS

A funcionalidade “Observações” permite o registo, acompanhamento e gestão de ocorrências no local de obra que requerem atenção por parte da equipa do projeto. Estas ocorrências podem estar relacionadas com aspetos como qualidade, segurança, condições do estaleiro, conformidade ou outras situações que exijam resolução [55].

As observações são introduzidas diretamente na plataforma, podendo ser acompanhadas por fotografias, documentos e uma descrição detalhada da situação. Para facilitar a organização e o tratamento das mesmas, estas podem ser classificadas por categoria, por exemplo: segurança, qualidade ou ambiente, permitindo uma resposta mais eficiente e estruturada. Cada observação é atribuída a um responsável, garantindo que haja uma pessoa encarregue de tratar a questão dentro de um prazo definido [55].

O sistema permite ainda acompanhar o estado de cada observação, desde a sua criação até à resolução, mantendo um registo detalhado de todas as ações executadas ao longo do processo. Os utilizadores recebem notificações automáticas sobre novas observações ou alterações no seu estado, assegurando que todos os intervenientes se mantêm informados e envolvidos [55].

Além disso, o Procore oferece funcionalidades de geração de relatórios, permitindo a análise detalhada das observações registadas. Estes relatórios são personalizáveis, o que possibilita identificar padrões, avaliar o desempenho e implementar medidas de melhoria contínua ao longo do projeto [55].

5. ANÁLISES-COMPARAÇÃO SOLUÇÕES INOVADORAS VS TRADICIONAIS E ADOÇÃO DE SISTEMAS DIGITAIS DE APOIO À GESTÃO

5.1. METODOLOGIA E ORIGEM DOS DADOS DAS SOLUÇÕES INOVADORAS

Neste capítulo são analisadas diversas soluções inovadoras aplicáveis ao empreendimento em estudo, nomeadamente coletor solar autorregulável, agregado artificial e cobertura verde. Devido às características do projeto e à fase em que se encontrava, não foi possível recolher dados diretos de desempenho, custos ou gráficos referentes à obra em causa.

Como alternativa, os dados apresentados baseiam-se em informações técnicas fornecidas pelos fornecedores das soluções, com base em estudos e aplicações realizadas em obras de características semelhantes. Esta abordagem permite uma análise comparativa indicativa entre as soluções inovadoras e as tradicionais, com foco no impacto construtivo e funcional, na evolução da indústria e sustentabilidade.

As informações foram validadas através da análise cruzada entre os dados fornecidos pelos fabricantes/fornecedores, estudos publicados em literatura científica e técnica, bem como referências normativas aplicáveis ao setor da construção. Também se consideraram exemplos de aplicação prática em obras de porte e características semelhantes, o que permitiu confirmar a relevância e viabilidade das soluções no contexto analisado.

Além disso, a validação foi realizada de forma indicativa, assegurando que os dados utilizados eram consistentes e pertinentes para uma análise comparativa. No entanto, a medida de aplicabilidade é parcial, uma vez que os resultados não advêm de medições diretas na obra em estudo, mas sim de fontes secundárias e estudos de caso semelhantes. Assim, as conclusões são representativas, mas devem ser interpretadas com cautela.

5.2. CRITÉRIOS DE COMPARAÇÃO

A realização de uma análise comparativa entre as soluções tradicionais e as soluções inovadoras requer a definição de critérios objetivos, coerentes com os objetivos da presente investigação. A seleção desses critérios foi orientada por três fatores principais: (i) a natureza técnica da intervenção em estudo, (ii) os impactos observáveis ao longo do ciclo de vida da solução, (exemplo a sustentabilidade) e (iii) os parâmetros habitualmente utilizados em estudos similares presentes na literatura técnica e científica.

Para garantir uma análise robusta, os critérios foram agrupados em categorias temáticas, permitindo uma avaliação multidimensional das soluções em questão. Abaixo descrevem-se os critérios selecionados:

a) Critérios Técnicos

- Desempenho funcional: refere-se à eficácia com que cada solução cumpre a sua função principal, seja em termos estruturais, operacionais ou de desempenho físico;
- Durabilidade: considera a vida útil esperada da solução, bem como a sua resistência ao desgaste, intempéries ou outras formas de degradação;
- Manutenção: avalia a frequência, a complexidade e o custo associado às intervenções de manutenção ao longo do tempo;

- Facilidade de execução: contempla a complexidade técnica e logística envolvida na implementação da solução. (Construção e Planeamento)

b) Critérios Económicos

- Custo inicial: inclui os custos com materiais, mão de obra, equipamentos e eventuais encargos associados à execução da solução
- Custo total ao longo do ciclo de vida: considera os custos cumulativos relacionados com manutenção, substituições e operação;
- Retorno do investimento (ROI): aplica-se, sobretudo, nos casos em que a solução inovadora implique um investimento superior, cuja compensação ocorra a médio ou longo prazo.

c) Critérios Ambientais

- Impacto ambiental direto: considera a geração de resíduos, consumo de recursos e eventual emissão de poluentes durante a execução da solução;
- Eficiência energética e sustentabilidade: avalia a capacidade da solução em reduzir o consumo de energia e promover práticas sustentáveis.

A escolha destes critérios fundamenta-se não só na relevância teórica, mas também na aplicabilidade prática em contextos reais de projeto, execução ou operação. A análise nos tópicos subsequentes segue esta estrutura comparativa, permitindo uma avaliação clara e crítica dos méritos e limitações de cada abordagem. Existem inovações onde não é significativo abordar todos os critérios específicos apresentados, ou justifica-se a existência de outros. Em cada Subcapítulo, identifica-se para cada solução os critérios abordados para objetividade do estudo.

Para a avaliação quantitativa de cada solução foi organizada numa tabela, na qual cada parâmetro recebeu um valor numa escala de 1 a 4, onde:

- 1-Nulo
- 2-Baixo
- 3-Médio
- 4-Alto

Estas atribuições de valores, embora tenha algum grau de subjetividade, baseou-se nos resultados e conclusões dos estudos e pesquisas consultados para cada solução na versão mais tradicional e inovadora (aplicada no Aurios). Conforme se poderá observar, a aplicação de uma métrica constante aos diferentes critérios pode levar a situações opostas, onde 4 pode ser positivo ou traduz-se numa mais-valia para essa solução, e outras onde o mesmo valor 4 representa algo desfavorável, ou seja, uma menor valia. De modo a atenuar eventuais equívocos na análise, para além da métrica, na tabela a célula para a solução mais favorável em cada parâmetro surge assinalada com uma coloração verde. Para complementar os valores numéricos, cada entrada na tabela é acompanhada também de um breve comentário descritivo que sintetiza o desempenho da solução face ao parâmetro em análise. A presença em obra pelo Autor foi motivo para a escolha específica dos parâmetros definidos para a comparativa presente nas tabelas, relacionados diretamente com os Capítulos 2 e 3.

5.3. COLETORES SOLARES AUTORREGULÁVEIS VS. COLETORES TRADICIONAIS

Os dados e tabelas aqui representados pertencem ao fornecedor Sunaitec para apoio à dissertação em causa. A análise comparativa entre os dois sistemas de captação de energia solar térmicos, foi o estudo realizado para um projeto de Hotel em Lisboa, onde o objetivo era o aquecimento de águas sanitárias, tal como no empreendimento Aurios.

Do projeto fazia parte o hotel e um SPA, o qual é previsto o consumo de 20.000 litros de água diário no hotel e 9.000 litros de água de consumo diário no SPA.

Tabela 4 - Características das diferentes soluções construtivas nos diferentes locais

Local Aplicado\Tipo de Solução	Sunaitec	Tradicional
SPA	70 m² de área de captação (70 recetores Sunaitec) - No de Litros para Consumo: 9.000L - Produção anual de 66.120 kWh de energia Solar térmica - Rendimento do campo coletor: 828 kWh/m²/Ano - Fração solar: 40,3%	95 m² de área de captação (40 coletores) - No de Litros para Consumo: 9.000L - Produção anual de 68.508 kWh de energia Solar térmica - Rendimento do campo coletor: 722 kWh/m²/Ano - Fração solar: 41,5%
HOTEL	140 m² de área de captação (140 recetores Sunaitec) - No de Litros para Consumo: 20.000L - Produção anual de 207.340 kWh de energia Solar térmica - Rendimento do campo coletor: 1.299 kWh/m²/Ano - Fração solar: 57,1%	180 m² de área de captação (80 coletores) - No de Litros para Consumo: 20.000L - Produção anual de 191.830 kWh de energia Solar térmica - Rendimento do campo coletor: 1.011 kWh/m²/Ano - Fração solar: 53,2%

Nos pontos seguintes serão apresentados os resultados para as diferentes soluções relativamente à:

- Produção Energética
- Integração Arquitetónica e Área ocupada
- Custos
- LCOE- Levelized Cost of Energy

No ponto 5.3.5, pela apresentação de uma tabela, permite-se sintetizar os pontos abordados e adicionalmente outros do mesmo carácter representativo e importante para a comparação de ambas as soluções.

5.3.1. PRODUÇÃO ENERGÉTICA

Tabela 5 e Tabela 6, verifica-se que no conjunto global (hotel e SPA), os coletores solares da Sunaitec apresentam melhor desempenho no suprimento das necessidades energéticas do empreendimento,

alcançando um rendimento superior da energia absorvida por metro quadrado. Embora seja necessária uma maior quantidade de coletores, a área total ocupada corresponde apenas a cerca de três quintos da registada no sistema tradicional, devido à menor dimensão individual de cada coletor (1 m²).

A análise dos gráficos, representados na Figura 40 e Figura 41, confirma que a produtividade dos sistemas Sunaitec é significativamente superior à do sistema tradicional por metro quadrado. Este desempenho resulta da capacidade do sistema em regular a temperatura e a absorção de energia de acordo com as necessidades dos utilizadores. Tal evidência é particularmente visível no gráfico de linhas relativo ao spa, onde se observa uma menor captação de energia solar, possivelmente associada a uma utilização reduzida do equipamento. Esta característica traduz-se numa gestão mais sustentável da energia, contribuindo simultaneamente para a redução do custo energético final.

Tabela 5 - Produção Energética HOTEL

Zona	Marca	Necessidades de Energia		kWh	Rendimento	Produtividade	Coletores	Área	Depósito
		Total	solar	Apoio	%	kWh/m2	N.º	(m2)	(L)
HOTEL	Tradicional	382.046	191.830	169.075	53,2	1.011	80	180	8000
	Sunaitec	382.046	207.340	155.811	57,1	1.299	140	140	8000

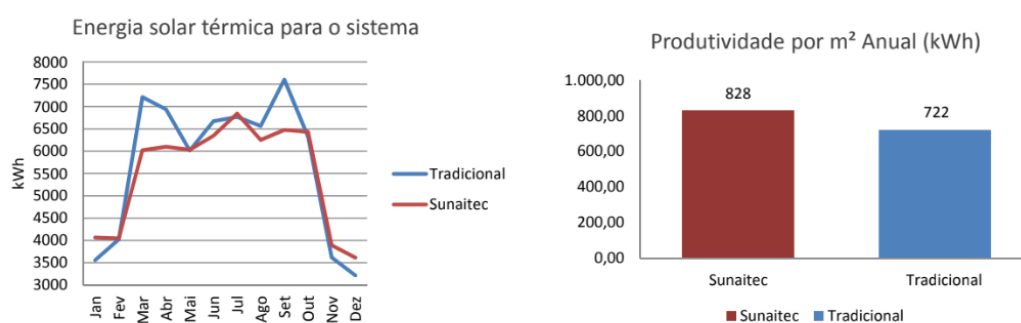


Figura 40 - Gráficos complementares da Produção Energética HOTEL

Tabela 6 - Produção Energética SPA

Zona	Marca	Necessidades de Energia		kWh	Rendimento	Produtividade	Coletores	Área	Depósito
		Total	solar	Apoio	%	kWh/m2	N.º	(m2)	(L)
SPA	Tradicional	171.930	66.508	96.551	41,5	722	40	95	2000
	Sunaitec	171.930	66.120	98.043	40,3	828	70	70	2000

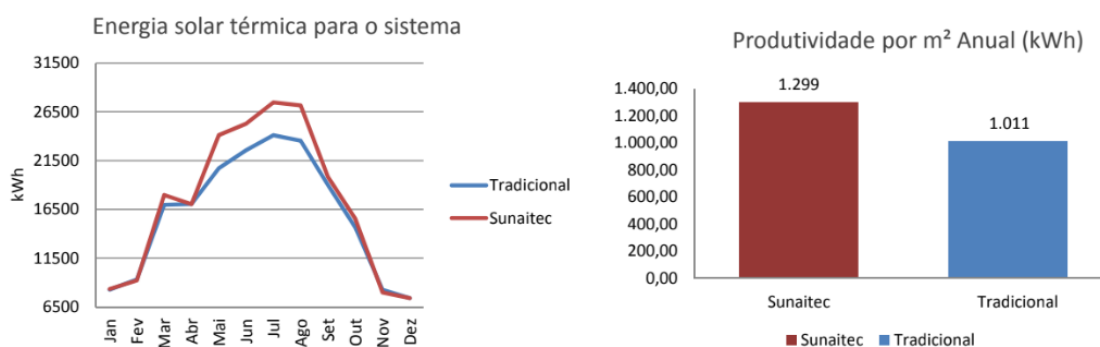


Figura 41 - Gráficos complementares da Produção Energética SPA

5.3.2. INTEGRAÇÃO ARQUITETÓNICA E ÁREA OCUPADA

No projeto do hotel, a solução Sunaitec integra 210 coletores, ocupando uma área útil de instalação de apenas 420 m² e recorrendo a 120 metros de tubagem em cobre. A organização estrutural do sistema e as suas características construtivas permitem que a sua presença não provoque impacto visual relevante na arquitetura do conjunto hoteleiro e do spa, conforme representado na Figura 43 (vista aérea em 2D elaborada em AutoCAD).

Por sua vez, a solução tradicional contempla 120 coletores, que requerem uma área útil de instalação de 672 m² e 270 metros de tubagem em cobre. Para além da maior exigência em termos de espaço, esta solução acarreta ainda um impacto estético negativo, originando uma desproporção visual entre o edifício e os equipamentos, conforme ilustrado na Figura 44 (vista aérea em 2D em AutoCAD).



Figura 42 - representação visual em Autocad, Tradicional



Figura 43 - representação visual em Autocad, Sunaitec

5.3.3. CUSTOS

O coletor solar da Sunaitec apresenta um custo unitário significativamente mais elevado; contudo, este acréscimo é compensado pela redução dos custos associados à estrutura de suporte e a equipamentos complementares ao funcionamento do sistema. Tal ocorre devido ao facto de o coletor já integrar diversas soluções tecnológicas, eliminando a necessidade de componentes adicionais, como dissipadores e purgadores, que não se aplicam ao sistema da Sunaitec. Considerando os custos adicionais do coletor, o sistema revela-se economicamente mais vantajoso, permitindo uma poupança de 2.729 €, conforme evidenciado na Figura 44 e Figura 45.

ZONA	CUSTO											
HOTEL		COLECTOR	ESTRUTURA	CONJ LIG HIDR	PURGADORES	V. BALANCIAMENTO	CONTROLADOR	ACESSÓRIOS	DISSIPADOR 144kW	TUBAGEM DE COBRE	ISOLAMENTO	TOTAL
	TRADICIONAL	56.400 €	15.000 €	2.000 €	3.200 €	3680	350 €	-	3.330 €	5.940 €	2.146 €	92.046 €
	SUNAITEC	78.715 €	504 €	INCLUIDO	SEM SIGNIFICADO	1288	1.400 €	3.816 €	NÃO APLICAVEL	2.640 €	954 €	*89.317 €

Figura 44 - Comparativa de custos totais das diferentes soluções para a zona de Hotel

ZONA	CUSTO											
HOTEL		COLECTOR	ESTRUTURA	CONJ LIG HIDR	PURGADORES	V. BALANCIAMENTO	CONTROLADOR	ACESSÓRIOS	DISSIPADOR 144kW	TUBAGEM DE COBRE	ISOLAMENTO	TOTAL
	TRADICIONAL	28.200 €	7.500 €	1.000 €	1.600 €	1840	350 €	-	2.040 €	2.970 €	1.073 €	46.573 €
	SUNAITEC	39.585 €	264 €	INCLUIDO	SEM SIGNIFICADO	644	700 €	2.369 €	NÃO APLICAVEL	1.320 €	477 €	*45.359 €

Figura 45 - Comparativa de custos totais das diferentes soluções para a zona de SPA

A monitorização online, incluída no sistema, constitui um elemento crucial, uma vez que possibilita a redução de despesas relacionadas com deslocações e necessidade de intervenção presencial de técnicos. Este acompanhamento é realizado em tempo real, o que contribui para uma gestão mais eficiente e preventiva do sistema.

No que respeita ao custo final da energia, a solução Sunaitec apresenta uma redução de aproximadamente 10,2% em relação ao sistema tradicional. Este resultado deve-se a uma maior eficiência energética por metro quadrado e a menores perdas de carga no circuito, como ilustrado na Figuras 46 e Figura 47. No caso do hotel, esta eficiência assume particular relevância, dado o elevado e constante consumo de água quente, tornando fundamental a minimização das perdas.

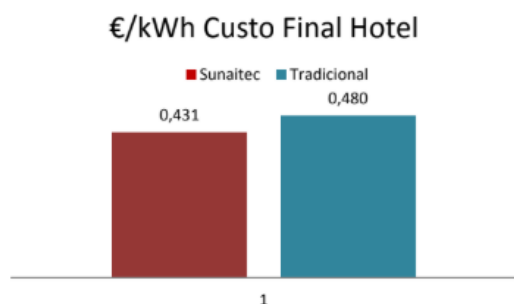


Figura 46 - Comparativa Custo Final HOTEL

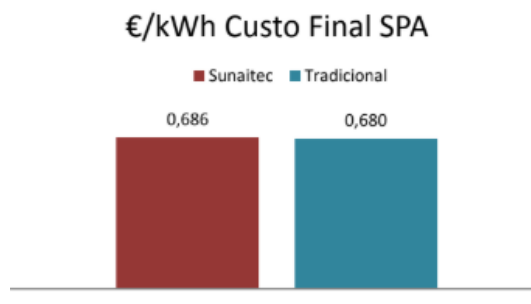


Figura 47 - Comparativa Custo Final SPA

No spa, contudo, o custo final da energia mostra-se ligeiramente superior ao da solução tradicional, registando um acréscimo de cerca de 0,88%. Entre as possíveis razões para este resultado destacam-se:

- Menor escala de utilização: o consumo do spa tende a ser mais intermitente e de menor dimensão, o que limita a eficiência da solução Sunaitec, concebida para otimizar o desempenho em cargas mais elevadas, como no caso do hotel.
- Especificidades térmicas: o perfil de utilização de água quente no spa, que exige temperaturas mais elevadas e ciclos de funcionamento mais curtos, pode não favorecer tanto a tecnologia da Sunaitec em comparação com a solução tradicional.
- Investimento superior: o custo acrescido do coletor pode não se traduzir em retorno energético proporcional quando aplicado a instalações de menor escala.
- Peso relativo dos custos fixos: em sistemas de menor dimensão, os custos fixos (monitorização, controlador, entre outros) têm maior impacto no custo unitário da energia produzida.

De forma agregada, o sistema Sunaitec revela-se superior à solução tradicional, não apenas em termos de custos, mas também ao nível da manutenção e da eficiência operacional.

5.3.4. LCOE (LEVELIZED COST OF ENERGY)

O *LCOE (Levelized Cost of Energy)* corresponde a uma métrica de avaliação económica que expressa o custo médio total associado à construção e operação de um sistema de produção de energia ao longo do seu tempo de vida útil, dividido pela quantidade total de energia gerada nesse mesmo período.

De forma mais precisa, o LCOE é definido como o custo que, se fosse atribuído uniformemente a cada unidade de energia produzida durante o horizonte temporal de análise, resultaria num valor equivalente ao Custo Total do Ciclo de Vida (TLCC), quando ajustado ao ano base através de fatores de desconto.

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Equação 1 - LCOE (LEVELIZED COST OF ENERGY)

E_t - Energia efetiva produzida no ano t

r - Taxa de desconto (7%)

N -Número de anos em análise (20 anos)

C_t - Custo total no ano t (manutenção, substituições, eletricidade auxiliar, etc.)

I_0 - Investimento inicial

Ao longo dos anos, verifica-se uma ligeira degradação na produção de energia, fator que influencia diretamente o valor do parâmetro LCOE. No entanto, a solução da Sunaitec apresenta um investimento inicial inferior, aliado a custos de manutenção reduzidos e à menor necessidade de componentes adicionais.

Neste contexto, o sistema Sunaitec revela-se claramente mais eficiente em termos de custo total por kWh produzido. Apesar de estar sujeito à mesma taxa de degradação, este equipamento consegue gerar uma maior quantidade de energia, reduz a dependência de eletricidade proveniente da rede e beneficia de custos operacionais mais baixos, resultado da monitorização remota e da menor utilização de equipamentos auxiliares. Figura 48.

• **HOTEL** – Levelized Cost of Energy (LCOE) a 20 Anos

LCOE Sunaitec

ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Energia final	207.340	207.340	207.133	206.926	206.719	206.512	206.305	206.099	205.893	205.687	205.481	205.276	205.071	204.866	204.661	204.456	204.252	204.047	203.843	203.639
degradação		0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Energia efectiva	207.340	207.133	206.926	206.719	206.512	206.305	206.099	205.893	205.687	205.481	205.276	205.071	204.866	204.661	204.456	204.252	204.047	203.843	203.639	203.436
Investimento	89.317 €																			
**Manutenção Preventiva de Servomotores	70 €	71,1 €	72,1 €	73,2 €	74,3 €	75,4 €	76,5 €	77,7 €	78,9 €	80,0 €	81,2 €	82,5 €	83,7 €	84,9 €	86,2 €	87,5 €	88,8 €	90,2 €	91,5 €	92,9 €
Troca Preventiva de Servomotores										2.901 €										3.367 €
Substituição preventiva de Glicol								563 €								634 €				
Custo electricidade Bomba Solar	221 €	224 €	227 €	229 €	232 €	235 €	238 €	241 €	244 €	246 €	249 €	252 €	255 €	259 €	262 €	265 €	268 €	271 €	274 €	278 €
LCOE	0,023 €/kWh¹										* Manutenção Preventiva Remota devido à monitorização On-Line Sunaitec									

LCOE Tradicional painel Solar

ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Energia final	191.830	191.830	191.638	191.447	191.255	191.064	190.873	190.682	190.491	190.301	190.110	189.920	189.730	189.541	189.351	189.162	188.973	188.784	188.595	188.406
degradação		0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Energia efectiva	191.830	191.638	191.447	191.255	191.064	190.873	190.682	190.491	190.301	190.110	189.920	189.730	189.541	189.351	189.162	188.973	188.784	188.595	188.406	188.218
Investimento	92.046 €																			
**Manutenção Preventiva	160 €	162,4 €	164,8 €	167,3 €	169,8 €	172,4 €	175,0 €	177,6 €	180,2 €	182,9 €	185,7 €	188,5 €	191,3 €	194,2 €	197,1 €	200,0 €	203,0 €	206,1 €	209,2 €	212,3 €
Mudança de Glicol					862 €					928 €					1.000 €					1.077 €
Custo electricidade Bomba Solar	283 €	287 €	290 €	294 €	297 €	301 €	304 €	308 €	312 €	315 €	319 €	323 €	327 €	331 €	335 €	339 €	343 €	347 €	351 €	355 €
***Custo electricidade Dissipador de 144kW	3.279 €	3.318 €	3.358 €	3.398 €	3.439 €	3.480 €	3.522 €	3.564 €	3.607 €	3.650 €	3.694 €	3.739 €	3.783 €	3.829 €	3.875 €	3.921 €	3.968 €	4.016 €	4.064 €	4.113 €
LCOE	0,036 €/kWh¹										Diferença 55%									
											**Uma visita ao local para inspecção visual									
											***3 horas diárias de utilização durante 60 dias/ano para o dissipador									

Notas:

- Taxa de Desconto 7%
- Inflação 1,5%
- Aumento do preço da Energia 1,2%

Figura 48 - Comparativa de LCOE das duas soluções

Apesar de não existirem gráficos que comprovem de forma quantitativa um retorno do investimento em menos anos, pode afirmar-se, com base nos dados analisados, que os coletores da Sunaitec constituem a solução mais vantajosa. A informação apresentada assume, assim, um carácter complementar que reforça esta conclusão.

5.3.5 SÍNTESE

Para a comparação entre soluções tradicionais e inovadoras, foi possível recorrer a estudos já existentes que analisaram os respetivos desempenhos. A partir desses estudos, foram definidos parâmetros comparativos relevantes:

- Tempo de Execução
- Complexidade do Projeto
- Mão de Obra especializada
- Custo direto de Execução
- Coordenação interdisciplinar
- Risco de Falhas
- Custo inicial
- Manutenção
- Rendimento Térmico
- Valorização do Imóvel
- Retorno Sobre Investimento
- Integração Arquitetónica

- Pegada Ecológica
- Área
- Consumidor

Tabela 7 - Tabela comparativa de diferentes parâmetros, relativamente às diferentes soluções construtivas

Parâmetros	Coletor tradicional	Coletor Sunaitec	Notas
Tempo de Execução	3	3-4	Tempo de execução não varia significativamente, no entanto, devido à complexidade desta obra, os coletores solares da Sunaitec levaram relativamente mais tempo a instalar estruturalmente, principalmente devido a trabalhos em alturas com uso de grua.
Complexidade do Projeto	3	4	A solução inovadora apresenta uma complexidade maior pelas diferentes possibilidades na sua aplicação em obra, requerendo, por exemplo, um maior planeamento e estudo do seu posicionamento com as inerentes implicações no projeto das ligações aos sistemas (águas e eletricidade).
Mão de Obra especializada	3	4	Este tipo de soluções requer mão de obra especializada. Contudo, considera-se que devido ao enquadramento arquitetónico e estrutural existe maior grau de dificuldade na aplicação da solução inovadora e um cuidado acrescido.
Custo direto de Execução	3	4	Sem prejuízo de um maior custo de mão de obra, a solução inovadora apresenta um custo superior comparativamente com tradicional afetando por isso o custo total direto de execução.
Coordenação interdisciplinar	3	3-4	Relativamente a este parâmetro observa-se que o nível de exigência é grande e idêntico entre as duas soluções
Risco de Falhas	3	2	De acordo com os elementos técnicos e experiências de aplicação, a solução inovadora integra um conjunto de sistemas que contêm redundâncias que pretendem atenuar potenciais falhas na utilização, tais como a sua desativação em casos de possível sobreaquecimento
Custo inicial	3	4	O custo inicial é significativamente mais elevado,

			especialmente ao facto de ser incorporado de fábrica com a maioria dos elementos essenciais.
Manutenção	3	2	Sem prejuízo de se admitir alguma simplificação neste parâmetro, considera-se que existe uma parte da manutenção que será idêntica entre as duas soluções. Contudo, o software de gestão da solução inovadora apresenta uma maior capacidade de identificação das necessidades de manutenção, bem como a possibilidade de realizar operações deste tipo à distância.
Rendimento Térmico	3	3-4	Apesar da sua área de absorção reduzida, é capaz de captar e produzir mais energia por m2.
Valorização do Imóvel	3	3	Soluções do tipo coletor estão associadas à utilização de energias renováveis e por isso, apresentam-se como um elemento que contribui para a valorização de imóveis.
Retorno Sobre Investimento	3	4	Apesar de ser uma solução mais cara, o sistema inovador apresenta um maior potencial para retorno do investimento comparativamente com o tradicional, sobretudo devido à sua multifuncionalidade.
Integração Arquitetónica	2	4	Altamente integrados na componente arquitetónica, devido à sua pequena área e estética esguia garantem um perfil esteticamente envolvido com as estruturas adjacentes.
Pegada Ecológica	3	1-2	O uso materiais sustentáveis, a sua produção apenas sob necessidade/solicitação e com um foco num design mais ecológico reduzem a pegada, promovendo a sustentabilidade.
Área	4	2	Área reduzida comparativamente com as soluções tradicionais, cerca de metade do tamanho.
Consumidor	3	4	Para o consumidor o coletor solar da Sunaitec garante uma redução de custos em energia e permite com a ajuda do software uma gestão e manutenção eficaz, exigindo do cliente um menor esforço e maior conforto.

5.4. AGREGADOS ARTIFICIAIS DE ESCÓRIAS DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS URBANOS (AEIRU) VS. AGREGADO NATURAL

Este Subcapítulo tem como objetivo apresentar e interpretar os resultados dos ensaios aplicados ao AEIRU, um agregado artificial proveniente da incineração de resíduos urbanos, e compará-los com os valores médios típicos de um Agregado Britado de Granulometria Extensa (ABGE), de origem natural. A comparação permite aferir a aptidão técnica do material reciclado para utilização em obras rodoviárias, com base em critérios definidos em regulamentos nacionais, nomeadamente no Caderno de Encargos da Infraestruturas de Portugal (IP) e nas normas técnicas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Os ensaios realizados e que vão ser avaliados e comparados serão:

Índice de Achatamento: Este ensaio avalia a forma das partículas do agregado, medindo a percentagem de grãos achatados. Um valor elevado indica partículas pouco cúbicas, o que pode afetar negativamente a compacidade e resistência mecânica do pavimento.

Equivalente de Areia: Indica a pureza do agregado fino, isto é, a proporção de partículas de areia relativamente a partículas plásticas (como as argilas). Um valor mais alto significa um agregado mais limpo e com melhor qualidade para aplicação em camadas granulares.

Micro-Deval: Este ensaio mede a resistência à abrasão e desgaste dos agregados devido à ação da água e do atrito entre partículas. Um valor baixo indica maior durabilidade do material em ambientes húmidos e com tráfego.

Los Angeles: Avalia a resistência ao choque e abrasão dos agregados através da sua fragmentação dentro de um tambor giratório com esferas de aço. Valores baixos representam agregados com melhor desempenho mecânico.

CBR (*California Bearing Ratio*): Este é um índice que mede a capacidade de suporte do solo ou de um material granular, simula o esforço de penetração de uma roda de carga. É essencial para dimensionar estruturas de pavimento. Valores mais altos indicam maior capacidade de suporte.

5.4.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os ensaios laboratoriais realizados ao agregado artificial AEIRU, proveniente da incineração de resíduos urbanos, permitiram avaliar a sua adequabilidade para utilização em camadas granulares de pavimentos, comparando-o com os valores médios de um agregado britado de granulometria extensa (ABGE), de origem natural. Esta análise foi feita com base nos limites definidos pelo Caderno de Encargos Tipo da Infraestruturas de Portugal (IP) para materiais não ligados [56].

Na Tabela 8, compara-se o AEIRU com o ABGE, segundo os parâmetros mencionados em cima.

Tabela 8 - Ensaios comportamentais e valores- AEIRU e ABGE

LIMITE CETO IP		LOTE MAR/24 AEIRU	ABGE (VALORES Médios)
Índice de Achatamento	FI35(≤ 35)	35	20-30
Equivalente de Areia	≥ 30	72	30-50
Micro-Deval	< 35	26	10-15
Los Angeles	< 45	38	30-35

No que respeita ao Índice de Achatamento (FI), o AEIRU apresenta um valor de 35%, exatamente no limite máximo permitido (FI35). Este resultado indica a presença de partículas mais alongadas ou lamelares, o que poderá comprometer a compactação ideal e, consequentemente, a estabilidade estrutural do pavimento. Por outro lado, os agregados naturais britados (ABGE) apresentam valores médios entre 20% e 30%, evidenciando uma forma mais cúbica e, por isso, mais adequada para garantir um bom comportamento mecânico e durabilidade [57].

Relativamente ao Equivalente de Areia (EA), que avalia a quantidade de materiais finos presentes no agregado, o AEIRU obteve um valor de 72%, bastante acima do mínimo exigido ($\geq 30\%$) e superior à média dos ABGE (30%–50%), tabela 8. Este elevado valor sugere uma menor presença de finos plásticos e uma boa limpeza do material, favorecendo a drenagem e reduzindo os riscos de degradação por retenção de água (Infraestruturas de Portugal, 2021) [58].

No ensaio Micro-Deval, que mede a resistência ao desgaste por atrito, o AEIRU obteve um valor de 26%, situando-se abaixo do limite de 35% estabelecido pelo IP, tabela 8. Ainda assim, este valor revela uma resistência inferior à dos ABGE, cujos valores típicos variam entre 10% e 15% [58]. Esta menor resistência ao desgaste poderá traduzir-se numa vida útil mais curta em situações de tráfego intenso.

No ensaio Los Angeles, que avalia a resistência ao choque e abrasão, o AEIRU registou 38%, valor dentro dos limites ($< 45\%$) mas ligeiramente superior à média dos ABGE (30%–35%), tabela 8. Este resultado confirma uma resistência aceitável, embora inferior à dos agregados naturais (LNEC, 2020) [56].

Conclui-se que o AEIRU, é vantajoso no cumprimento dos parâmetros físicos exigidos (achatamento, desgaste, equivalente de areia). Excelente na limpeza do material, com EA elevado (72%), tabela 8. Adicionalmente, contribui para a sustentabilidade, através da valorização de resíduos urbanos e redução da extração de recursos naturais.

No entanto, o valor limite no índice de achatamento, o que pode comprometer a estabilidade. Notando-se, um maior desgaste comparativamente aos agregados britados, e uma distribuição granulométrica fora dos limites exigidos pelo IP, com excesso de finos. Para além disso, a verificasse uma resistência mecânica inferior em ensaios de abrasão e desgaste, o que pode afetar a durabilidade.

A Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12, referentes ao AEIRU, apresentam os resultados de peneiração, a sua constituição, com a adição de dois novos ensaios, ensaio CBR imediato de acordo com

o teor de água e ensaio de Proctor Modificado, respetivamente às tabelas. Posteriormente são analisadas e comparadas ao ABGE.

Tabela 9 - Resultados de peneiração do AEIRU

Fuso ABGE (CETO IP) Referência			LOTE
			MAR/24
Peneiro (mm)	Mín.	Máx.	AGRECO
40	100	100	100
31,5	80	99	100
16	63	77	98
8	43	60	85
4	30	52	66
2	23	40	51
1	14	35	35
0,5	10	30	22
0,063	2	7	6,5

Tabela 10 - Constituição AEIRU

Baridade Seca Máxima (g/cm ³)	1,692
Teor Em Água Ótimo (%)	14,8

Nota: Densidade aparente média de um ABGE: 2,30–2,60 g/cm³

Tabela 11 - Ensaio CBR imediato de acordo com o teor de água- AEIRU

CBR Imediato		
Teor água (%)	2,5 mm	5,0 mm
10,2	43	80
12,2	35	73
14,4	24	61
16,4	11	42
18	4	28

Tabela 12 - Ensaio de Proctor Modificado- AEIRU

Expansibilidade (%)	0
CBR % (95% CR) Proctor Mod.	32 (2,5 mm)
CBR % (95% CR) Proctor Mod.	40 (5,0 mm)

Nota: CBR (95% Proctor modificado) médio de um ABGE: 60–160%, 60-100(2,5 mm) e 80-160(5,0 mm)

Em termos gerais, os resultados mostram que o AEIRU cumpre todos os requisitos físicos impostos pelo Caderno de Encargos do IP, sendo viável para utilização em camadas de pavimentos. No entanto, verificou-se que a sua distribuição granulométrica é demasiado fina, não cumprindo o fuso estabelecido para materiais utilizados em sub-bases e bases (Infraestruturas de Portugal, 2021).

Verifica-se, por exemplo, que 98% do material passa no peneiro de 16 mm, enquanto o intervalo normativo se situa entre 63% e 77%, tabela 9. Este desvio é ainda mais acentuado para frações inferiores, como o peneiro de 8 mm (85% passante, face a um limite máximo de 60%). Este excesso de finos pode comprometer a permeabilidade e dificultar o controlo da compactação, embora não inviabilize automaticamente a aplicação do material, sobretudo se forem implementadas boas práticas de construção.

Quanto à baridade seca máxima, o AEIRU apresenta um valor de 1,692 g/cm³, significativamente inferior à densidade típica de um agregado britado natural, que varia entre 2,30 e 2,60 g/cm³, tabela 10. Esta diferença é explicável pela porosidade mais elevada do AEIRU, resultante da sua natureza artificial e estrutura mais leve. Embora isto possa traduzir-se em menor resistência mecânica, poderá representar uma vantagem em termos de redução de carga sobre infraestruturas mais sensíveis, como aterros ou fundações sobre solos moles.

No entanto, as especificações do Caderno de Encargos da IP não determinam o valor mínimo do CBR para camadas de sub-base e base de pavimentos em ABGE. Contudo, para camadas de sub-base em solos o mínimo é de 20% (Infraestruturas de Portugal, 2021), mais baixo que o resultado dos ensaios realizados a este material. Assim, o AEIRU apresenta um comportamento mecânico satisfatório para o fim a que este destina.

Os resultados do ensaio CBR (California Bearing Ratio) revelam valores bastante interessantes. O CBR (95% da compactação Proctor modificada) é de 32% (penetração de 2,5 mm) e 40% (penetração de 5,0 mm), o que ultrapassa o valor mínimo de 20% exigido pelo IP para camadas de sub-base executadas com solos, Tabela 11 e Tabela 12. No entanto, é inferior aos valores típicos dos agregados naturais (ABGE), cujos CBR variam normalmente entre 60% e 160%. Apesar disso, os resultados obtidos demonstram que o AEIRU tem capacidade de suporte suficiente para aplicações estruturais em contextos de tráfego moderado a reduzido, especialmente se a sua aplicação for complementada por camadas de reforço superiores ou tratamento com ligantes. Adicionalmente, o AEIRU demonstrou expansibilidade nula (0%), na qual o ABGE ronda também valores iguais a 0 ou ligeiramente superiores, o que é um fator extremamente positivo, assegurando estabilidade volumétrica mesmo em situações de variação de humidade. Esta característica é especialmente importante para prevenir deformações ou elevações irregulares na plataforma do pavimento. Encontra-se dentro do regulamento do Caderno de Encargos do IP, com um valor de expansibilidade admissível de ≤1.

Relativamente aos ensaios físicos complementares, o AEIRU cumpre todos os critérios definidos no Caderno de Encargos do IP para materiais granulares:

- Índice de Achatamento (FI): 35 (limite $FI_{35} \leq 35$);
- Equivalente de Areia: 72 (limite ≥ 30);
- Micro-Deval: 26 (limite < 35);
- Los Angeles: 38 (limite < 45).

Estes resultados indicam uma boa qualidade geométrica e resistência à fragmentação, comparável à dos agregados naturais. Ainda assim, destaca-se que os valores médios típicos dos ABGE se situam geralmente entre 20–30 (achatamento), 30–50 (equivalente de areia), 10–15 (Micro-Deval) e 30–35 (Los Angeles), sendo o AEIRU ligeiramente mais fraco em durabilidade, o que pode refletir-se numa maior taxa de desgaste em situações de tráfego pesado.

Resumindo, o AEIRU revela-se como uma alternativa tecnicamente viável ao agregado natural britado, com particular interesse em contextos onde se pretenda promover a economia circular e a valorização de resíduos sólidos urbanos. As suas limitações granulométricas e menor densidade são compensadas por bons valores de CBR, estabilidade dimensional, e cumprimento dos critérios físicos essenciais. Contudo, a sua aplicação em pavimentos deverá ser sempre antecedida por uma análise técnica cuidada, considerando o tráfego previsto, condições geotécnicas do terreno e exigências específicas do projeto.

5.4.2. SÍNTESE

Para a comparação entre soluções tradicionais e inovadoras, foi possível recorrer a estudos já existentes que analisaram os respetivos desempenhos. A partir desses estudos, foram definidos parâmetros comparativos relevantes:

- Origem Sustentável
- Complexidade do Projeto
- Mão de Obra especializada
- Custo direto de Execução
- Densidade
- Absorção de água
- Desgaste
- Resistência
- Normas técnicas
- Valorização do Imóvel
- Pegada ecológica
- Aceitação no Mercado

Tabela 13 - Tabela comparativa de diferentes parâmetros, relativamente às diferentes soluções construtivas

Parâmetros	ABGE	AEIRU	Notas
Origem Sustentável	1	4	O AEIRU, material de origem artificial, resulta do processo de incineração de resíduos urbanos e do respetivo tratamento posterior, permitindo a sua valorização como agregado. Em oposição, o ABGE deriva da extração de pedra natural, prática que exige elevada maquinaria e conduz inevitavelmente a impactos ambientais negativos, como a destruição de habitats e biodiversidade. A utilização de AEIRU assume, assim, um papel estratégico na economia circular: cada quilograma aplicado representa um quilograma de ABGE que deixa de ser extraído, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais e promovendo práticas construtivas mais sustentáveis.
Complexidade do Projeto	2	4	A elevada porosidade do material condiciona de forma direta a sua resistência mecânica, refletindo-se numa menor capacidade de carga e na necessidade de cálculos estruturais mais complexos e precisos para assegurar a sua utilização. Estas limitações tornam-no inadequado para pavimentos sujeitos a cargas elevadas, restringindo o seu uso, de forma preferencial, a pavimentos de baixa solicitação, onde a durabilidade e o desempenho estrutural não ficam comprometidos.
Mão de Obra especializada	3	3	A aplicação de ambos os materiais é compatível, exigindo igualmente mão de obra qualificada e o recurso a maquinaria especializada para a sua aplicação.
Custo direto de Execução	3	2	O AEIRU evidencia um custo de produção por m ² significativamente mais baixo quando comparado com o ABGE, apresentando-se como

			uma alternativa economicamente vantajosa. No entanto, essa competitividade é comprometida pelos elevados encargos de transporte, resultantes da escassa rede de centrais de valorização e armazenamento implantadas no território. A ausência de uma distribuição estratégica destas infraestruturas traduz-se numa fraca disponibilidade do material, dificultando a sua adoção em larga escala no setor da construção, consequentemente aumentado o seu custo indireto, associado ao transporte do mesmo.
Densidade	4	2	Resultante da natureza artificial, obtém-se a elevada porosidade e a leveza do material. Embora isto possa traduzir-se em menor resistência mecânica, poderá representar uma vantagem em termos de redução de carga sobre infraestruturas mais sensíveis, como aterros ou fundações sobre solos moles. No caso em específico do empreendimento Auríos considera-se uma vantagem.
Absorção de Água	3	4	A presença rica em poros no agregado permite uma melhor absorção da água.
Desgaste	3	4	A fraca resistência ao atrito promove o desgaste mais rápido traduzindo-se num ciclo de vida mais curto.
Resistência	4	2	O AEIRU apresenta-se com uma menor capacidade de resistência à compressão devido à sua porosidade.
Normas Técnicas	4	4	Tanto o AEIRU como o ABGE estão sujeitos a um conjunto de normas de elevada complexidade, que lhes conferem requisitos legais e técnicos equivalentes. Não obstante, a aplicação efetiva dessas normas encontra-se condicionada pelas instruções específicas constantes do caderno de encargos, bem como pelo propósito final da construção, o que pode implicar interpretações e exigências distintas consoante o contexto

Valorização do Imóvel	1	3	A adoção de soluções baseadas na valorização de resíduos urbanos, orientadas para a produção de energia elétrica, resulta na obtenção de agregados como subprodutos do processo de incineração. Quando enquadrado em práticas sustentáveis e em políticas de economia circular, este recurso assume-se não apenas como uma alternativa aos agregados naturais, mas também como um fator que pode acrescentar valor ao imóvel e reforçar a sua atratividade ambiental e económica.
Pegada Ecológica	4	1	A ligação entre a valorização energética de resíduos urbanos e a geração de agregados artificiais (AEIRU) evidencia a importância de integrar soluções circulares na construção. Ao substituir agregados naturais, obtidos por processos altamente impactantes, o AEIRU permite reduzir a pressão sobre os ecossistemas, diminuir a emissão de gases com efeito de estufa associada ao transporte e extração, e contribuir ativamente para a redução da pegada ecológica do setor. Assim, a construção assume um papel central na transição para um modelo mais sustentável e eficiente em termos de recursos.
Aceitação no Mercado	4	2	Apesar dos benefícios ambientais e do contributo para a redução da pegada ecológica, a utilização de agregados artificiais continua pouco expressiva. Esta realidade demonstra uma aceitação restrita no mercado, fortemente condicionada por barreiras culturais, falta de confiança técnica e ausência de incentivos que promovam a sua integração em maior escala.

5.5. COBERTURAS VERDES VS. COBERTURAS TRADICIONAIS

Toda a informação apresentada neste Subcapítulo foi retirada de um relatório fornecido pela empresa encarregue das coberturas verdes no empreendimento, incluindo fotos e tabelas, tendo sido adaptada e complementada pelo autor desta dissertação. O caso de estudo apresentado serve de comparação entre coberturas verdes vs. Tradicionais. Devido a condições semelhantes assume-se a tradução destes resultados para o empreendimento Auríos.

O caso de estudo passa-se em Valencia, Espanha, num centro social. O edifício é de um único piso com aproximadamente 1 160 m² localizado a sudoeste da cidade. Irá haver uma reabilitação, onde irá ser colocado uma cobertura verde numa parte do edifício. Para comparar a eficiência térmica entre uma cobertura verde e uma cobertura convencional, é essencial analisar espaços com condições de utilização semelhantes. Assim, tendo em conta a forma como o edifício está atualmente a ser utilizado, torna-se necessário definir o local onde será implementada a cobertura verde. Ver Figura 49.

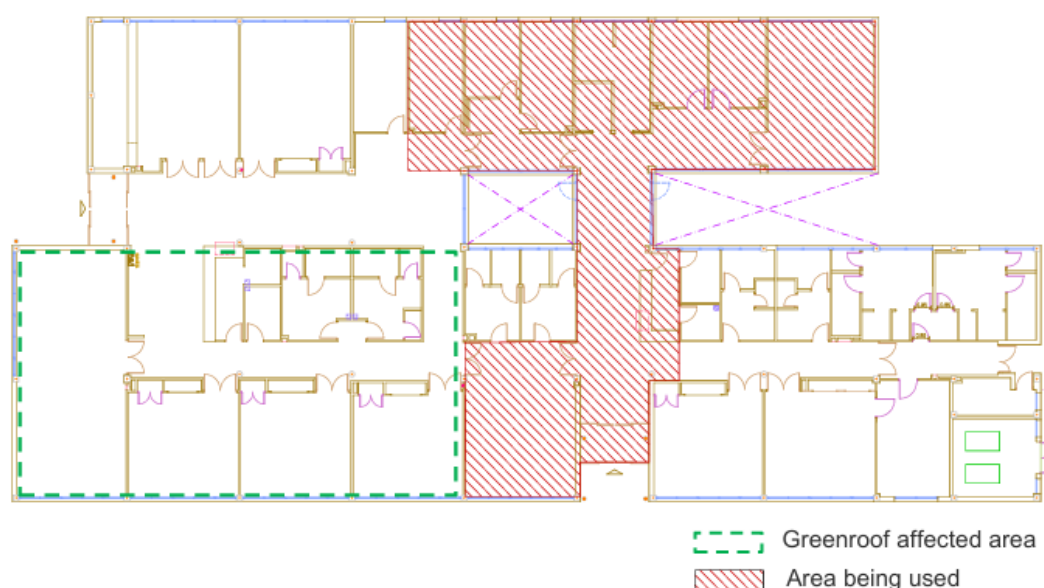


Figura 49 - Planta do edifício e localização da Cobertura Verde

O edifício dispõe apenas de fornecimento elétrico, apresentando um consumo anual aproximado de 34.500 kWh. Tendo em consideração a descrição física da envolvente do edifício, a sua orientação, as condições climáticas e os equipamentos atualmente instalados (sistemas de climatização, iluminação e equipamentos informáticos), fez-se um estudo com apoio de um software na qual, os resultados demonstraram que o principal consumo energético está associado ao sistema de climatização, representando cerca de 71% do total da eletricidade consumida. Concluiu-se ainda que o edifício possui uma classificação energética C (33,6 kg CO₂/m². ano), o que o coloca numa posição mais favorável face à média dos edifícios em Espanha, que geralmente apresentam classes energéticas D ou E. Estes dados indicam que o edifício apresenta um bom desempenho térmico, evidenciando um adequado nível de isolamento.

O edifício conta com uma cobertura do tipo invertida, caracterizada pela disposição da camada de isolamento (XPS) por cima da membrana impermeabilizante. Usualmente acima dessa camada de

isolamento, assenta um filtro geotêxtil e por sua vez para proteção, uma área de gravilha em toda a cobertura. Figura 50.

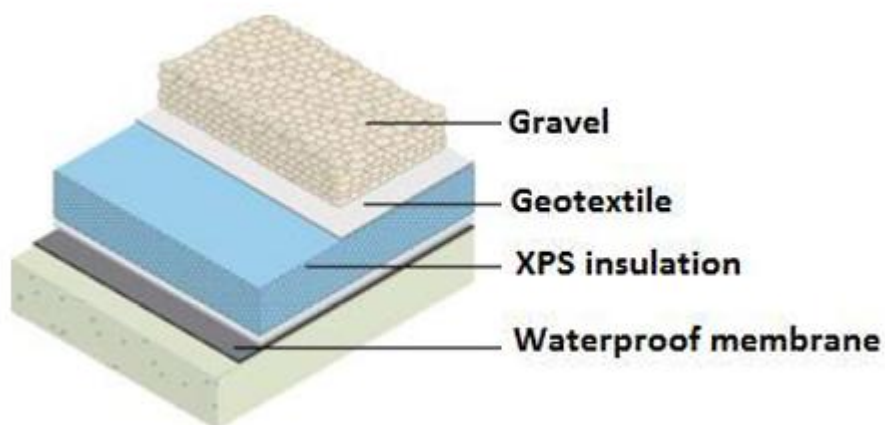


Figura 50 - Apresentação das camadas da Cobertura Invertida

A cobertura verde irá ser instalada em cima da cobertura invertida, onde será apenas removida a gravilha. A apresentação da cobertura verde em camadas é exatamente igual à apresentada no capítulo 4.5.3.3., Figura 29. Adicionalmente, a cobertura conta também com quatro unidades de ar condicionado, quatro exteriores e cada uma com ligação para as respetivas áreas a cobrir interiormente por meio de ductos que tanto transmitem ar quente com frio. Figura 51.



Figura 51 - Áreas de atuação do Ar-condicionado

5.5.1. PROCESSO DE MONITORIZAÇÃO E METODOLOGIA DO ESTUDO

A monitorização energética e da temperatura foi desde julho de 2013 a janeiro de 2015, começou antes da construção da cobertura verde ser aplicada. Os resultados da cobertura foram obtidos também antes da aplicação da cobertura verde, na qual teve a duração de cerca de um ano, e logo após deu-se a construção da nova cobertura onde a sua monitorização também contou com um ano, abril de 2014-2015.

Para a monitorização energética, o procedimento experimental consistiu em definir um valor de referência para a temperatura (na maioria dos testes, fixado nos 24 °C) no sistema de ar condicionado durante toda a manhã (entre as 8h30 e as 14h00), sem que este fosse desligado ou alterado durante esse período. Tanto o consumo energético como a medição da temperatura foram registados a cada 5 minutos.

Para efeitos comparativos, os dados brutos foram filtrados, sendo considerados apenas os dias em que os testes seguiram rigorosamente estas instruções, verificado através da análise dos registos de consumo elétrico e das temperaturas interiores. A comparação do consumo de energia antes e depois da instalação da cobertura verde foi efetuada através da média dos consumos nos dias de teste válidos, especificamente no período entre as 9h00 e as 13h00.

Adicionalmente, foi selecionado um conjunto de dias com condições similares de radiação solar, temperatura exterior e valor de referência da temperatura interior. No cálculo da média, apenas foram considerados 75% dos valores registados, com o objetivo de eliminar extremos (valores anormalmente altos ou baixos).

A monitorização hidráulica centrou-se na comparação entre o escoamento da cobertura verde e o da cobertura convencional adjacente. Foram analisadas tanto a quantidade como a qualidade da água dos respetivos escoamentos. Estes dados foram descarregados e verificados com uma periodicidade mensal.

5.5.2. MONITORIZAÇÃO ENERGÉTICA

No que diz respeito à temperatura, foram instalados sensores (identificados como T1 a T6) em diferentes zonas do edifício. Estes sensores estão ligados a *dataloggers*, na qual fazem o registo dos valores da temperatura, permitindo posteriormente, analisar a influência das diferentes soluções de cobertura nas condições térmicas internas e externas. Paralelamente, foram instalados sensores no quadro elétrico para a monitorização do consumo de energia, que, por sua vez, enviam os dados para um módulo de leitura, que os transmite a um computador portátil.

5.5.3. MONITORIZAÇÃO TEMPERATURA

A monitorização da temperatura é feita como o uso de sensores na qual foram chamados de pares-térmicos, localizados em diferentes sítios com funções distintas. Tabela 14.

Tabela 14 - Pare Térmicos descrição e localização

Pares Térmicos	Descrição
T1	- Temperatura debaixo da gravilha, na cobertura invertida - Temperatura debaixo do substrato, depois da instalação da cobertura verde
T2	Temperatura debaixo do isolamento em XPS
T3(REF)	Temperatura debaixo do isolamento em XPS, mas numa divisória não afetada pela cobertura verde. Atua como Controlo.
T4	Temperatura exterior
T5	Temperatura interior
T6	Temperatura na face interna do telhado

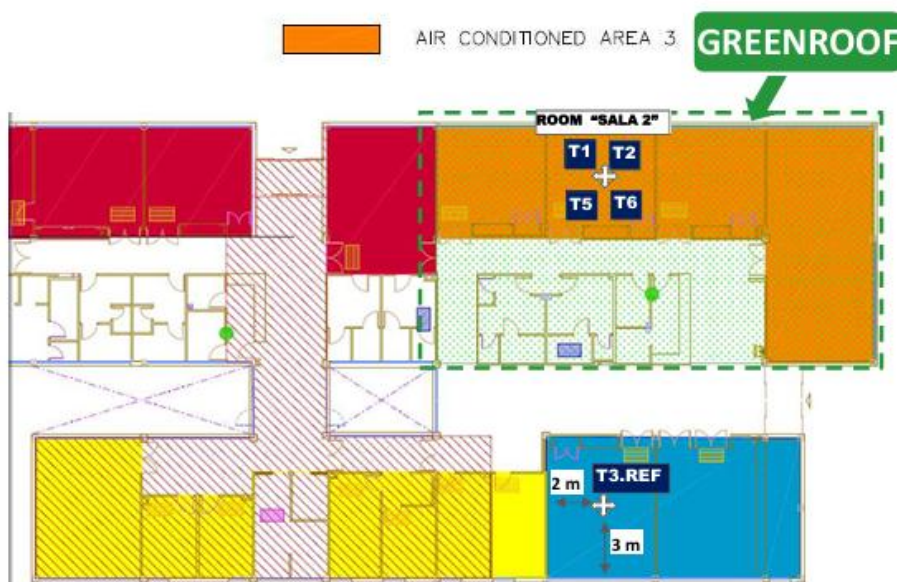


Figura 52 - Planta do edifício com a localização dos sensores

5.5.4. MONITORIZAÇÃO CONDIÇÕES EXTERIORES

Foi registada a precipitação com um pluviómetro e a temperatura exterior com o termopar T4. Para além disto, auxílio de uma estação meteorológica para dados adicionais, e previsões meteorológicas diárias fornecidas pelo governo espanhol através da *AEMET* agency.

5.5.5. MONITORIZAÇÃO HIDRÁULICA

O intuito da monitorização hidráulica será comparar o caudal escoado proveniente dos tubos de queda das duas soluções de cobertura apresentadas. O caudal através dos tubos de queda da cobertura verde foi monitorizado com medidores de caudal de balde basculante, neste caso, cada vez que o balde se inclina, é registado um impulso elétrico, associada a cada impulso elétrico está associado um valor volumétrico na qual no final nos dará o volume total escoado. Na cobertura invertida, a água é registada antes de ser armazenada num tanque de recolha de águas pluviais, utilizado para fins de irrigação.

5.5.6. MONITORIZAÇÃO QUALIDADE DA ÁGUA

O objetivo é comparar a qualidade da água entre as duas coberturas. Cada cobertura será analisada separadamente, cada uma com uma caixa interligada ao final do balde basculante, na qual irá permitir que quatro amostras de garrafas, duas em cada balde basculante de cada cobertura, encham consecutivamente no início do evento de chuva. Por evento houve um total de quatro amostras. Foram realizados quatro eventos, na qual, dos dois primeiros, as 4 amostras foram analisadas, nos últimos dois apenas se utilizou as primeiras duas garrafas que se enchessem primeiro. No total foram doze amostras analisadas durante o ano de monitorização.

As amostras de água foram analisadas quanto à carência química de oxigénio (CQO), azoto total (TN), fósforo total (TP), carência biológica de oxigénio a cinco dias (CBO5), sólidos suspensos totais (TSS), sólidos suspensos voláteis (VSS) e turvação. Além disso, foram recolhidas mais quatro amostras para comparar a água do tanque de recolha de águas pluviais (que provém do telhado convencional) e a água de um pequeno tanque que armazena parte do escoamento do telhado verde. Estas amostras foram recolhidas um mês após o evento de precipitação, a fim de verificar se a água destes telhados, depois de armazenada durante um mês, cumpre os requisitos de qualidade da água para ser utilizada na rega. Nestes casos, foram também analisados a *E.coli* e os nemátodos intestinais.

5.5.7. ANÁLISE DE RESULTADOS

A Figura 53 e Figura 54 apresentadas, ilustram para as estações de inverno e verão, de que forma a cobertura verde altera o comportamento térmico da cobertura. Para garantir a fiabilidade da comparação, foram seleccionados dias com condições muito semelhantes, em que a diferença média de temperatura exterior (entre as 7h00 e as 13h00) é inferior a 1 °C, e a diferença de radiação solar, no mesmo período, é inferior a 10%.

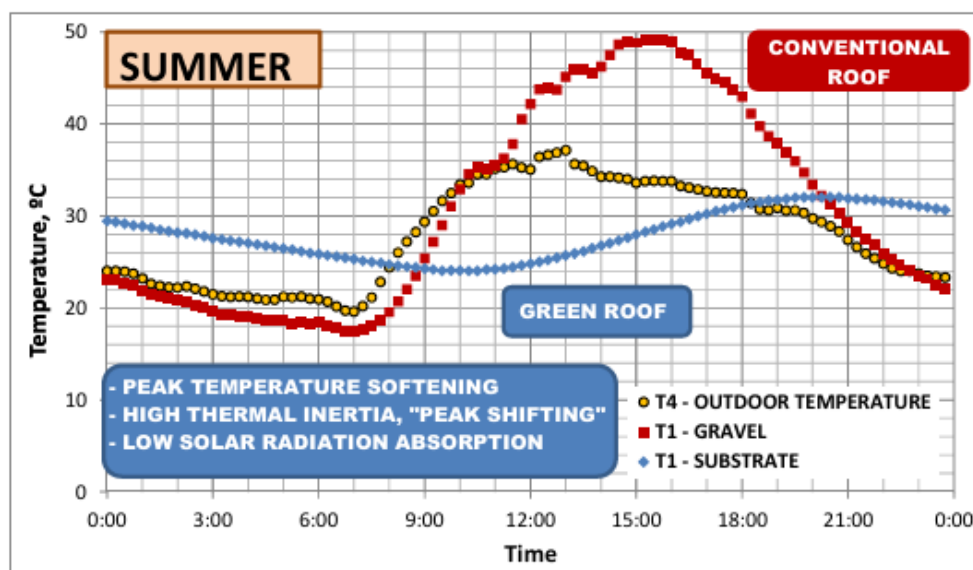


Figura 53 - gráfico das temperaturas ao longo de um dia para os dois tipos de cobertura no verão

Pela observação da Figura 53 constatamos que por volta das 14:00 a temperatura exterior atinge o seu pico, e é passado cerca de uma hora e meia que a cobertura invertida atinge a sua temperatura máxima, ao contrário da cobertura verde que atinge o seu pico por volta das 20:00. Adicionalmente, observa-se diferenças de temperatura de pico entre as coberturas são bastante significativas, 50°C (Cobertura Invertida) e 31°C (Cobertura Verde).

A temperatura elevada da cobertura invertida, superior a 45°C, evidencia o efeito de acumulação térmica da brita, com elevada inércia térmica, e baixa refletividade da luz solar, acumulando bastante calor ao longo do dia, libertando-o lentamente, fazendo com que a cobertura fica mais quente que o ambiente exterior, especialmente nas horas seguinte ao pico solar. Ao contrário desta, a cobertura verde apresenta uma curva gráfica mais suave, evidenciando o efeito da vegetação e do solo para manter a temperatura da cobertura o mais constante possível ao longo de todo o dia. A elevada inércia térmica e a capacidade de amortecimento térmico, resultam num ambiente interior mais estável e fresco. A presença da vegetação promove uma maior humidade e maior capacidade de isolamento, atuando como barreira. O fenómeno de evapotranspiração contribui para o arrefecimento passivo da cobertura.

Ao contrário do verão, no inverno, as temperaturas gerais são mais baixas, atingindo o pico de temperatura exterior de 15°C, com temperaturas máximas de 18°C para a cobertura invertida por volta das 13:30 e cobertura verde com máxima de 12°C por volta das 17:00. No entanto o mesmo fenómeno está visível, mesmo no inverno a cobertura verde atua como moderador térmico, reduzindo as flutuações da temperatura e proporcionando isolamento adicional, revelando-se assim mais eficiente para o conforto térmico passivo, e tecnicamente reduzindo o consumo energético em climatização, onde será analisado em seguida. Figura 54.

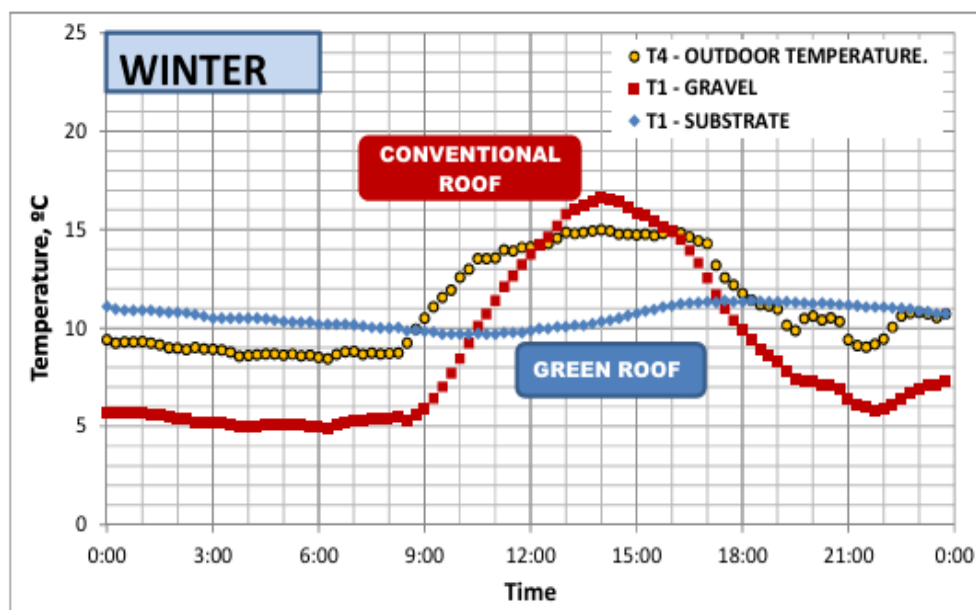


Figura 54 - gráfico das temperaturas ao longo de um dia para os dois tipos de cobertura no inverno

As tabelas seguintes mostram, para o inverno e para o verão, os consumos de energia associados a o sistema de ar condicionado e outros parâmetros medidos. A primeira tabela (Tabela 15) refere-se à cobertura convencional e a segunda (Tabela 16) à cobertura verde. Conclui-se que os consumos de energia no verão são significativamente maiores durante a estação de aquecimento, caracterizado pela sua localização com grandes dias de verão quentes vs. pequenos dias de inverno amenos. No caso do valor mais pequeno, no verão, na cobertura verde, deve-se ao efeito amenizador da cobertura proporcionando um menor consumo.

Tabela 15 - Monitorização da energia na cobertura invertida

Parâmetro	Verão	Inverno
Médio consumo diário (9:00-13:00)	31.3 kWh	22.6 kWh
Temperatura máxima da gravilha	45-55 °C efeito almofada térmica	20-30 °C
Período valido de testes em dias	23/07/2013 a 03/09/2013	26/11/2013 a 04/02/2014
Média de temperatura exterior (7:00-13:00), (°C)	29.4 °C	10.9 °C
Média da Radiação Solar (7:00-13:00), kWh/m2	0.67 kWh/m2	0.24 kWh/m2

Tabela 16 - Monitorização da energia na cobertura verde

Parâmetro	Verão	Inverno
Médio consumo diário (9:00-13:00)	21.9 kWh	23.7 kWh
Temperatura máxima do solo	20-35 °C	5-15 °C
Período valido de testes em dias	01/07/2013 a 11/09/2013	09/12/2014 a 07/01/2015
Média de temperatura exterior (7:00-13:00), (°C)	29.4 °C	11.05 °C
Média da Radiação Solar (7:00-13:00), kWh/m2	0.70 kWh/m2	0.25 kWh/m2

Comparando as duas soluções, em termos energéticos, os valores são bastante similares, contrário a este, no verão vemos um maior consumo na cobertura invertida, confirmando a análise feita atrás. A necessidade de manter a temperatura interior constante é superior na solução da cobertura invertida pela falta das vantagens presentes na cobertura verde, levando a um maior consumo energético.

A cobertura verde, apresenta um consumo no verão é inferior em 30% e ligeiramente superior no inverno, cerca de 5% comparando com a cobertura invertida. Conclui-se que, numa base anual, a poupança de eletricidade no sistema de ar condicionado seria da ordem dos 15-20%, e de cerca de 10-15% em todo o consumo anual de eletricidade.

A Figura 55 e Figura 56 incluem dados reais de consumo de energia no verão e no inverno, respetivamente. Observa-se, como esperado, uma poupança de energia de 25-30% no verão e um consumo de energia ligeiramente superior no inverno.

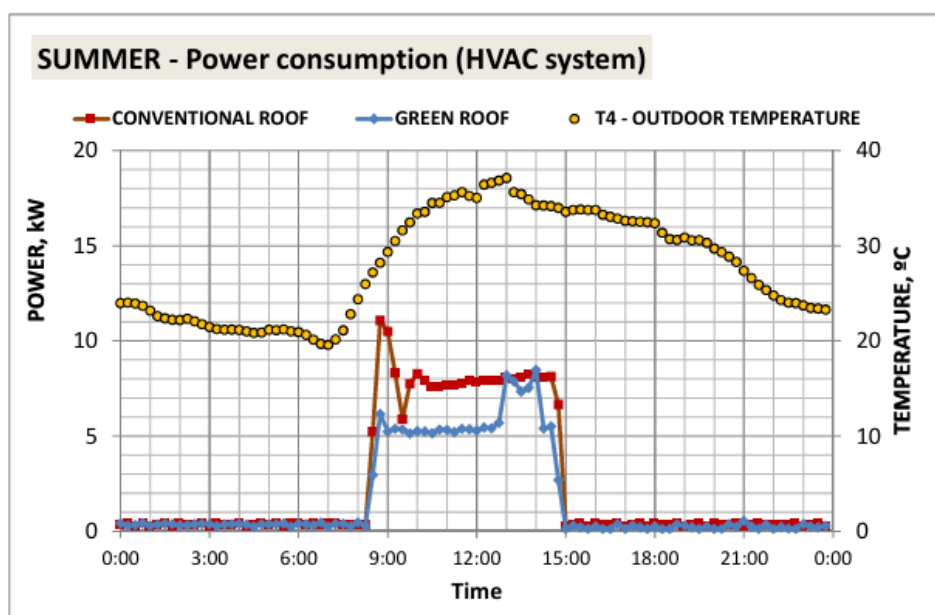


Figura 55 - Consumo de potência Comparativo entre as soluções no verão

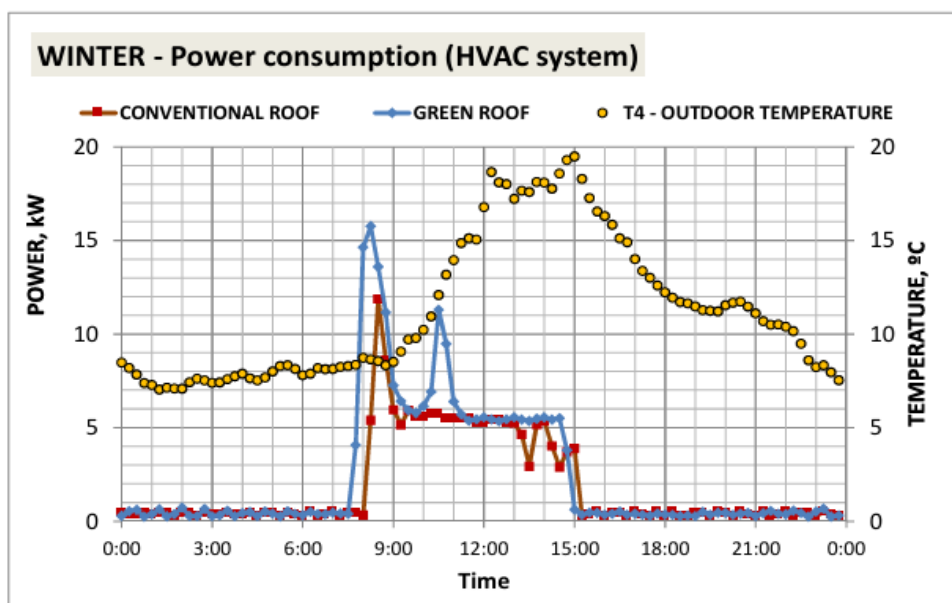


Figura 56 - Consumo de potência Comparativo entre as soluções no Inverno

O desempenho hidráulico da cobertura verde e da cobertura convencional adjacente foi monitorizado de abril de 2014 a maio de 2015. Na tabela 17, é apresentado um resumo destes resultados tendo em conta os eventos de precipitação mais significativos (precipitação total superior a 3 mm).

Tabela 17 - Resultados da monitorização hidráulica da cobertura convencional e da cobertura verde.

Datas	Precipitação (mm)	Redução do volume de escoamento na cobertura convencional (%)	Redução do volume de escoamento na cobertura verde (%)
14/06/2014	3.2	47	59
02/07/2014	17.6	20	53
07/09/2014	3.2	76	98
22/09/2014	23	21	69
28/09/2014	6.2	45	76
12/10/2014	6.2	43	88
04/11/2014	9.4	29	93
11/11/2014	10.8	17	88
27/11/2014	89	2	57
14/12/2014	27.8	0	57
18/01/2015	4.6	44	95
30/01/2015	3.6	62	97
11/02/2015	3.4	59	98
17/02/2015	4.4	50	96
18/03/2015	125.2	0	55
19/05/2015	14.4	2	90
TOTAL	352	9	63

A análise dos dados fornecidos permite-nos observar que a cobertura convencional apresenta uma grande dificuldade na redução do volume a ser escoado, funcionando como uma superfície quase impermeável, escoando quase toda a água, tirando os dias na qual a precipitação é relativamente baixa onde apresenta uma percentagem mais eficaz, mas de forma inconsistente. A cobertura verde apresenta uma capacidade elevada e consistente de retenção da água, mesmo em chuvas intensas, mantém desempenho relevante. Na gestão de águas pluviais, a cobertura é claramente eficaz, atuando como um sistema de retenção natural, promovendo a infiltração e evapotranspiração, na qual reduz significativamente o escoamento superficial.

Este desempenho contribui para a redução do risco de inundações urbanas, para o alívio de sistemas de drenagem e para uma melhor gestão do ciclo da água nas cidades. Estes resultados sustentam o argumento de que infraestruturas verdes são soluções eficientes e sustentáveis em contextos urbanos, especialmente com o aumento de eventos climáticos extremos.

O presente estudo termina com a verificação da qualidade química da água proveniente do escoamento das águas das chuvas das duas coberturas. Figura 57 e Figura 58.

		Event 22/9/14				Event 27/11/14			
		Conventional		Green		Conventional		Green	
		Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2
Turbidity	N.T.U.	2.3	3.7	1.1	0.3	0.1	-	1.5	-
Suspended soils	mg/l	12	10	11	7	< 5	-	9	-
BOD5	mg O2/l	5	< 5	12	60	< 5	-	8	-
COD	mg O2/l	28	19	116	186	12	-	166	-
Total Nitrogen	mg N/l	8.6	6.5	< 5	7	12.7	-	< 5	-
Total Phosphorus	mg P/l	0.2	0.3	0.4	0.7	0.08	-	0.5	-
		Event 14/12/14				Event 17/2/15			
		Conventional		Green		Conventional		Green	
		Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2
Turbidity	N.T.U.	19.7	20.4	1.4	12.3	2	-	34.2	-
Suspended soils	mg/l	< 5	10	< 5	7	5	-	100	-
BOD5	mg O2/l	< 5	< 5	< 5	7	< 5	-	12	-
COD	mg O2/l	8	12	133	90	25	-	50	-
Total Nitrogen	mg N/l	< 5	< 5	< 5	< 5	6.6	-	5.4	-
Total Phosphorus	mg P/l	0.1	0.1	0.6	0.2	< 0.05	-	0.07	-

Figura 57 - Teste qualidade da água

Ao contrário do que se possa pensar, a cobertura verde não tem benefícios claros para a qualidade da água, na qual, os resultados indicam que certos parâmetros são mais elevados numa cobertura e outros noutra, não havendo relação direta com a qualidade. É de notar que apesar ambas as soluções apresentarem uma cor da água acastanhada, a cobertura invertida é mais turba que a verde. Adicionalmente apresenta também concentrações de resíduos sólidos e azoto mais reduzidas. Ao contrário, a concentração de matéria orgânica e fósforo é mais elevada.

Além disso, foram recolhidas mais quatro amostras para comparar a água do tanque de recolha de águas pluviais (que provém do telhado convencional) e a água de um pequeno tanque que armazena parte do escoamento do telhado verde. Estas amostras foram recolhidas um mês após o evento de precipitação, a fim de verificar se a água destes telhados, depois de armazenada durante um mês, cumpre os requisitos de qualidade da água para ser utilizada na rega.

		Sample: 4/12/14 After event 4/11/14		Sample: 16/3/15 After event 17/2/15	
		Conventional	Green	Conventional	Green
Turbidity	N.T.U.	7.2	<0.1	0.2	0.5
Suspended soils	mg/l	< 5	10	12	9
BOD5	mg O2/l	< 5	10	<5	9
COD	mg O2/l	12	150	8	28
Total Nitrogen	mg N/l	< 5	<5	<5	<5
Total Phosphorus	mg P/l	0.2	1.2	0.1	0.06
E. coli	CFU/100 ml	8	0	2	0
Intestinal nematodes	HH/10l	<1	<1	<1	<1

Figura 58 - Teste qualidade da água

De acordo com estes resultados, pode concluir-se que a água de ambos os telhados pode ser utilizada para irrigação após um mês no tanque, uma vez que os requisitos de qualidade da água são 200 CFU/100ml para E.coli e 1 HH/10l para nemátodos intestinais. Para os restantes parâmetros, as conclusões obtidas são as mesmas que as obtidas para o resto da análise da qualidade da água.

5.5.8 SÍNTESE

Para a comparação entre soluções tradicionais e inovadoras, foi possível recorrer a estudos já existentes que analisaram os respetivos desempenhos. A partir desses estudos, foram definidos parâmetros comparativos relevantes:

- Tempo de Execução
- Complexidade do Projeto
- Mão de Obra especializada
- Custo direto de Execução
- Coordenação interdisciplinar
- Risco de Falhas
- Custo inicial
- Manutenção
- Isolamento térmico
- Isolamento Acústico
- Contribuição ambiental
- Valorização do imóvel
- Suporte a biodiversidade
- Risco estrutural
- Consumo de água
- Consumo de energia
- Geração de resíduos
- Uso de materiais sustentáveis
- Peso

Tabela 18 - Tabela comparativa de diferentes parâmetros, relativamente às diferentes soluções construtivas

Parâmetros	Cobertura tradicional	Cobertura verde	Notas
Tempo de Execução	2	3-4	A presença de camada de substrato e vegetação, acrescido dos cuidados a ter durante a execução e impermeabilização da mesma limitam a cobertura verde a um maior tempo de execução.
Complexidade do Projeto	2	4	A presença de forças para além do seu peso próprio, transmitidas pelo substrato e vegetação, acrescem um maior risco de flecha da cobertura ou até mesmo rutura ou queda. Os cuidados em ambas as coberturas são cruciais, notando-se uma maior atenção para as coberturas verdes em especial, devido aos fatores mencionados em cima.
Mão de Obra especializada	2	3-4	A instalação deve ter um maior rigor técnico em comparação à tradicional. A instalação correta permite a durabilidade da cobertura e otimizar os seus efeitos característicos.
Custo direto de Execução	2	3	Associado à complexidade, mão de obra qualificada e maquinaria especializada, camadas extras, o custo da cobertura verde irá ser superior à cobertura tradicional.
Coordenação interdisciplinar	2	4	A execução de coberturas verdes exige uma coordenação disciplinar rigorosa e uma comunicação eficaz entre as equipas envolvidas. A complexidade dos diferentes elementos, desde a impermeabilização até ao sistema de drenagem e vegetação, torna fundamental o alinhamento entre profissionais de distintas áreas, de modo a evitar falhas e garantir o máximo desempenho da cobertura. Esta necessidade de coordenação reflete uma das principais razões pelas quais a implementação de coberturas verdes requer um planeamento cuidadoso e multidisciplinar, assegurando a

			eficiência, durabilidade e funcionalidade do sistema.
Risco de Falhas	2	4	As coberturas verdes apresentam maior risco de falhas devido à sua complexidade construtiva: combinam múltiplas camadas, impermeabilização, drenagem, substrato e vegetação, que exigem execução precisa e coordenação entre diferentes disciplinas. Qualquer erro no planeamento, instalação ou manutenção pode comprometer a impermeabilização, o crescimento das plantas ou o desempenho do sistema, aumentando a probabilidade de falhas.
Custo inicial	2	3-4	A implementação de coberturas verdes implica maior despesa inicial. Contudo, a longo prazo, reflete efeitos vantajosos como benefícios económicos, ambientais e desempenho.
Manutenção	2	3-4	Na maioria dos casos, as coberturas verdes exigem níveis elevados de manutenção. Contudo, nesta solução específica, a necessidade de intervenção é relativamente reduzida, uma vez que recorre a sensores automáticos de rega e espécies vegetais mais autónomas e resistentes, o que diminui significativamente os custos e o esforço de manutenção ao longo do tempo.
Isolamento térmico	2	4	A espessura das camadas e a presença da vegetação funcionam como um excelente isolante térmico natural, uma vez que absorvem grande parte da radiação solar. Esta característica contribui para a regulação da temperatura interior dos edifícios, reduzindo a necessidade de climatização artificial e promovendo maior eficiência energética.
Isolamento Acústico	2	4	As coberturas verdes apresentam desempenho acústico elevado devido à presença de solo e vegetação, que absorvem e dissipam o som. Em contraste, as coberturas invertidas tradicionais possuem

			isolamento limitado, permitindo maior propagação do ruído, relativo face à facilidade do som se propagar ao longo de materiais mais rígidos.
Contribuição ambiental	1	4	As coberturas verdes contribuem de forma significativa para o meio ambiente, promovendo a redução do efeito de ilha de calor, a absorção do ruído aéreo e a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas. Além disso, favorecem a criação de cidades mais verdes e sustentáveis, estimulando o aumento da biodiversidade e a integração harmoniosa entre ambiente construído e natureza.
Valorização do Imóvel	1	4	A adoção de soluções baseadas na promoção da biodiversidade e redução dos níveis de CO2 na atmosfera por meio das coberturas verdes, atua como fator que pode acrescentar valor ao imóvel e reforçar a sua atratividade ambiental e económica.
Suporte à biodiversidade	1	4	O facto da presença de vegetação a redução do efeito de ilha de calor atua como ambiente propício ao desenvolvimento e preservação da biodiversidade.
Risco estrutural	2	3	O maior risco de carga permanente decorrente da vegetação e substratos implica maior risco estrutural.
Consumo de água	1	3-4	O elevado consumo de água é uma preocupação associada às coberturas verdes, uma vez que a vegetação exige rega constante. Contudo, neste caso específico, a seleção de espécies com necessidades hídricas reduzidas permite minimizar o consumo de água, tornando a solução mais eficiente e sustentável.
Consumo de Energia	3	2	A implementação de um sistema de rega implica um custo energético superior face às soluções tradicionais. No entanto, a presença da camada de solo na cobertura contribui para uma maior regulação térmica do edifício, reduzindo a necessidade de ventilação artificial. Este efeito de amortecimento acaba por

			compensar os gastos adicionais, resultando num balanço energético mais favorável a longo prazo.
Geração de resíduos	4	2-3	As coberturas invertidas tradicionais tendem a gerar mais resíduos ao longo do ciclo de vida, sobretudo no fim da sua utilização, devido ao elevado uso de materiais sintéticos (isolamentos, impermeabilizações, argamassas, britas) que muitas vezes não são recicláveis ou acabam em aterro. Já as coberturas verdes, embora tenham uma construção mais complexa, integram substratos e vegetação, que são materiais naturais e biodegradáveis. Os resíduos provenientes destas soluções são, em grande parte, orgânicos ou reutilizáveis, o que reduz o impacto ambiental.
Uso de materiais sustentáveis	1	4	A aplicabilidade de vegetação, solo e componentes recicláveis torna este tipo de cobertura uma solução mais sustentável, uma vez que integra materiais naturais e reaproveitáveis, especialmente utilizados nos componentes técnicos. As coberturas caracterizam-se pelo uso de materiais mais industriais, como o caso do XPS, betão, argamassas, impermeabilizações sintéticas.
Peso	2	4	Comparativamente à cobertura tradicional, o peso da cobertura verde é significativamente superior, podendo atingir quase o dobro. Este aumento deve-se essencialmente à adição da camada de substrato e da vegetação, que se somam ao peso próprio da estrutura, exigindo assim uma análise estrutural mais rigorosa e, em alguns casos, reforços adicionais para garantir a segurança e a durabilidade do sistema.

5.6. PROCORE NO EMPREENDIMENTO AURIÓS

Apesar do vasto leque de funcionalidades, o software *Procore* não foi utilizado na sua totalidade no caso de estudo, uma vez que, por decisão do dono de obra, determinadas funcionalidades foram consideradas desnecessárias. Assim, a utilização da plataforma centrou-se principalmente no upload e gestão documental, incluindo ficheiros como BAME's, plantas, desenhos técnicos e documentos sujeitos a aprovação. Funcionalidades como RFI's, Drawings, foram utilizadas para a gestão de obra no apoio à consulta de ficheiros, manipulação e documentação dos mesmos.

Para além da função documental, o *Procore* revelou-se particularmente útil na realização de vistorias em obra, tirando partido da sua componente digital e interativa, através da funcionalidade, *Observations*. À entrada de cada moradia foi colocado um código QR, que ao ser digitalizado direcionava automaticamente o utilizador para a planta específica da habitação em causa, facilitando assim a identificação de anomalias e o registo direto de advertências ou inconformidades, permitindo uma gestão eficiente e precisa das correções a implementar.

Embora a aplicação desta funcionalidade em obra não tenha sido presenciada diretamente, durante uma reunião específica sobre o software *Procore*, um engenheiro especializado na metodologia BIM descreveu um exemplo de uma utilização prática particularmente relevante, conforme a seguir se detalha.

No caso de ser necessário executar um negativo numa parede de betão para a passagem de tubagens, é essencial elaborar um projeto com todas as dimensões, localização e informação técnica necessárias. Este ficheiro é então colocado numa pasta digital específica no *Procore*, organizada por nome, especialidade e fase de projeto, ficando acessível a todos os intervenientes que utilizem a plataforma em obra. Na ocorrência de alterações, seja ao nível das dimensões, fornecimento de materiais ou qualquer outra modificação, o projetista responsável atualiza o desenho no *Procore*, o qual substitui automaticamente a versão anterior, alertando o utilizador da existência de modificações recentes. Esta funcionalidade evita o uso de documentos em papel desatualizados, minimiza erros de interpretação e garante uma partilha de informação rápida e eficaz, essencial para a boa coordenação entre equipas. Para além disso, o software permite análises comparativas entre diferentes versões de um mesmo desenho e até a sua sobreposição, facilitando a compreensão das alterações introduzidas e contribuindo para a redução de erros de execução e retrabalho em obra. A função aqui descrita é o *Drawings*.

No Subcapítulo seguinte apresentam-se os resultados de um inquérito desenvolvido relativamente utilização do software *Procore*, com o objetivo de complementar o estudo e aprofundar a compreensão da sua aplicação prática em contexto de obra.

5.7. INQUÉRITO PROCORE

5.7.1. METODOLOGIA

Para compreender o estado atual de utilização do software *Procore* na empresa, bem como os motivos que levaram à sua implementação, foi elaborado um inquérito dirigido aos colaboradores da Mota-Engil. O inquérito teve como objetivo recolher perceções sobre a utilização do software, identificar dificuldades na sua aplicação e analisar o seu impacto nos projetos e em obra.

O inquérito esteve aberto durante dois meses, período em que se procurou maximizar a taxa de resposta através de diferentes estratégias de comunicação. O autor recorreu a contactos diretos com colegas durante a presença em obra, enviou emails com o link do inquérito, apelando à participação e incentivando a partilha com colaboradores de outras obras, de forma a ampliar a abrangência da amostra.

Para garantir que as perguntas fossem claras, coerentes e bem organizadas, o autor solicitou também o apoio de colegas na sua formulação e revisão.

Apesar destes esforços, o número de participantes registados foi limitado a cinco colaboradores, refletindo uma amostra reduzida do universo total de utilizadores do software na empresa. Ainda assim, os dados recolhidos fornecem uma perspetiva exploratória sobre a utilização do Procore e permitem contextualizar os resultados obtidos no inquérito.

5.7.2. INTRODUÇÃO À ANÁLISE

O número de respostas obtido (cinco colaboradores), é um número reduzido para efeitos de análise quantitativa.

De forma a complementar esta limitação, foi recolhida informação adicional junto de uma colaboradora da *Procore*, que permitiu enquadrar melhor o panorama da utilização da ferramenta na empresa. Da informação obtida, destaca-se:

- “Número de utilizadores: não existe um valor exato, uma vez que a plataforma é utilizada por diferentes perfis, desde engenheiros até encarregados, incluindo equipas de obra que apenas acedem para visualizar desenhos.”
- “Primeira utilização: o *Procore* foi pela primeira vez utilizado na obra do Bonjardim, considerada projeto-piloto, iniciando-se o processo em 2022.”
- “Número de empreendimentos: até ao momento, o software já foi implementado em quatro obras em curso de edifícios e em duas obras já concluídas. Para além destas, também se encontra em utilização em algumas obras da área de Eletromecânica, quatro. No total representam dez obras.”

Esta informação serve de base para contextualizar a análise das cinco respostas obtidas, permitindo compreender melhor o grau de penetração do software e o enquadramento da sua utilização na empresa.

Com base na experiência do autor adquirida durante o tempo de permanência na obra e interação com os técnicos, verificou-se que aproximadamente 11 colaboradores utilizavam o *Procore* de forma ativa, repartidos por diferentes perfis, diretor de obra, preparadores, encarregados, fiscais, adjuntos e medidores. Considerando este número como referência e extrapolando-o para as 10 obras identificadas, obtém-se uma estimativa de cerca de 110 utilizadores.

Reconhecendo que este valor pode estar sobrestimado (devido a possíveis utilizadores comuns a várias obras) ou subestimado (pela inclusão de obras de maior dimensão ou de outras áreas, como a Eletromecânica), aplicou-se uma margem de incerteza de 20%. Assim, assume-se de forma conservadora que aproximadamente 88 colaboradores da Mota-Engil estão envolvidos na utilização do *Procore*.

Este valor, ainda que aproximado, permite contextualizar o universo de utilizadores e reforçar a relevância das respostas recolhidas no inquérito ($n=5$), uma vez que estas representam uma amostra reduzida, mas significativa face ao número estimado de utilizadores da plataforma na empresa.

Adicionalmente, no sentido de complementar a informação recolhida, uma colega criou igualmente um questionário direcionado a colaboradores que já tenham utilizado o *Procore*, ainda que de forma limitada. Este foi enviado a 69 pessoas, correspondentes a elementos inseridos em projetos no Procore, entre os quais se incluíam encarregados gerais, mas não outros perfis como encarregados de frente ou

arvorados. Considerando que estas categorias também recorrem ao software, o número real de utilizadores será certamente superior a 69.

Importa ainda referir que várias pessoas que chegaram a utilizar o *Procore* já não se encontram atualmente na empresa, pelo que o universo de utilizadores é dinâmico e difícil de quantificar com exatidão. Ainda assim, tendo em conta a experiência do autor e a informação complementar recolhida, considera-se razoável assumir que aproximadamente 88 colaboradores da Mota-Engil terão utilizado ou ainda utilizam o *Procore*, número que se aproxima do universo real de utilizadores da plataforma.

Embora o questionário referido tenha sido elaborado de forma independente, os dados, 16 respostas, foram gentilmente partilhados com o autor, permitindo assim uma análise mais alargada sobre a utilização da plataforma na empresa.

5.7.2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS, APENAS DO INQUÉRITO DO AUTOR

Das cinco respostas obtidas no inquérito registado observa-se quatro perfis distintos:

- Preparador de obra (2 respostas)
- Técnico de higiene e segurança do trabalho
- Diretor de obra
- Técnica Superior de Qualidade e Ambiente

Na Figura 59, observa-se uma maior utilização do computador portátil para a utilização do software, no entanto a possibilidade de utilização mista é possível e visualiza-se.

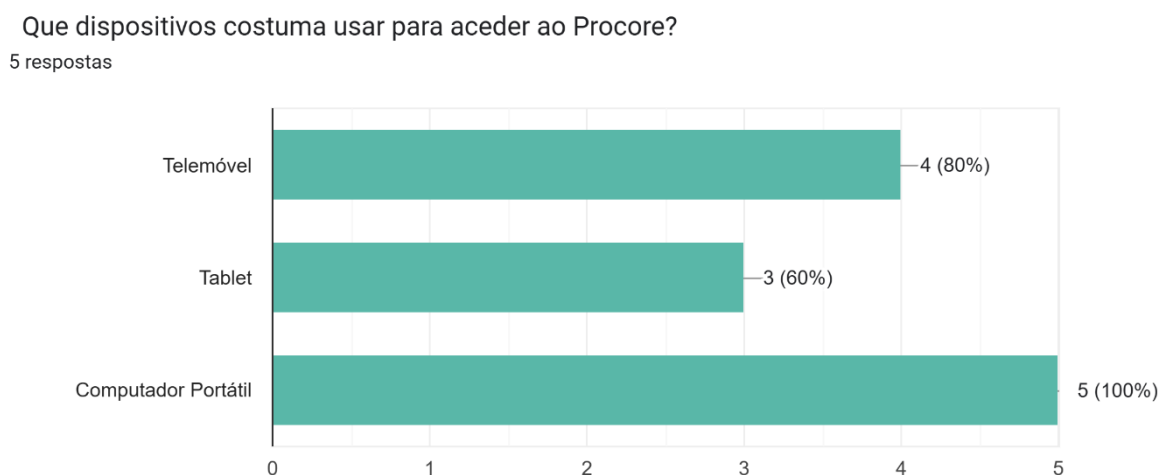


Figura 59 - Dispositivos utilizados para aceder ao software Procore, de acordo com os resultados do inquérito

Na Figura 60, verifica-se uma predominância de Observações, gestão de documentos e RFI's, como funcionalidades principais e mais utilizadas pelos utilizadores, seguida de consulta de documentos, relatórios e uma comunicação entre intervenientes.

Quais as funcionalidades do software na qual utiliza para o seu trabalho?

5 respostas

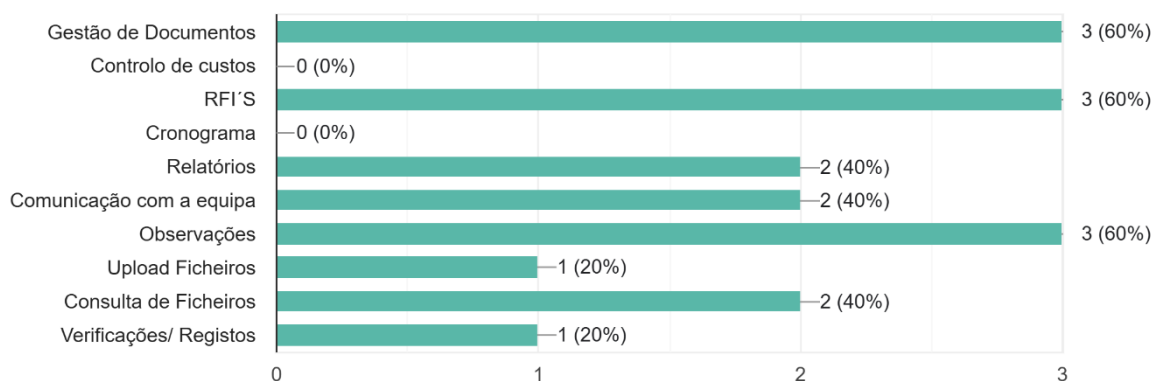


Figura 60 - Funcionalidades do software Procore utilizadas pelos inquiridos

Em respostas curtas, 100% dos utilizadores que responderam ao inquérito dizem-se satisfeitos com as funcionalidades face ao que é pretendido obter do seu trabalho. Todos estes foram postos a formação sobre o software.

Na Figura 61, a maioria dos indivíduos adaptou-se bem à implementação e utilização do software.

Como foi a sua adaptação ao Procore?

5 respostas

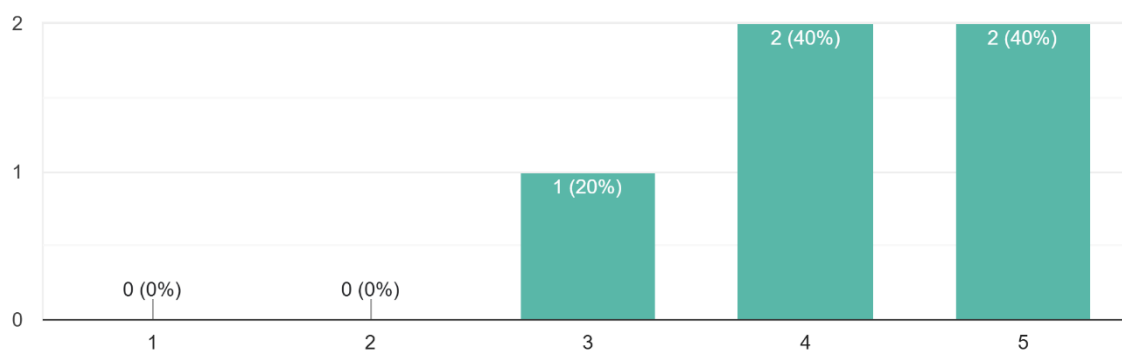


Figura 61 - Avaliação da adaptação dos inquiridos ao software Procore

Na Figura 62, a maioria dos indivíduos respondeu que ao utilizar o *Procore* experienciou falhas ou problemas.

Já experienciou falhas, erros ou problemas técnicos ao usar o Procore?

5 respostas

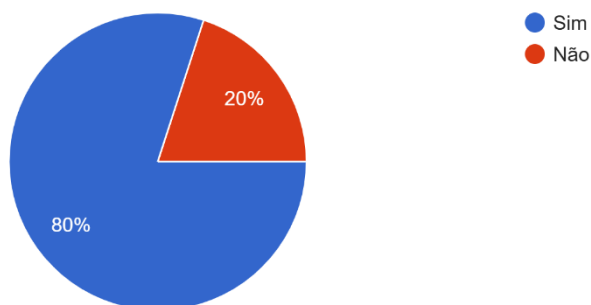


Figura 62 - Experiência de falhas/problemas técnicos pelos inquiridos na utilização do Procore

Na questão, “Caso tenha respondido "Sim" à questão anterior por favor descreva a ocorrência!”, os indivíduos responderam:

- “Casos pontuais de falha no sistema ao, por exemplo, não produzir relatórios no imediato ou não permitir adicionar novo documento ou ação. Esses casos foram facilmente ultrapassados.”
- “Falta de autorizações para entrar ou proceder a alterações aos documentos.”
- “erro ao apagar observações”
- “Não fazer ‘uploads’”

Na Figura 63 apesar de 60% dos indivíduos terem experienciado falhas, apenas 40% afirmam afetar o fluxo de trabalho.

Estas falhas tiveram impacto no fluxo do trabalho?

5 respostas

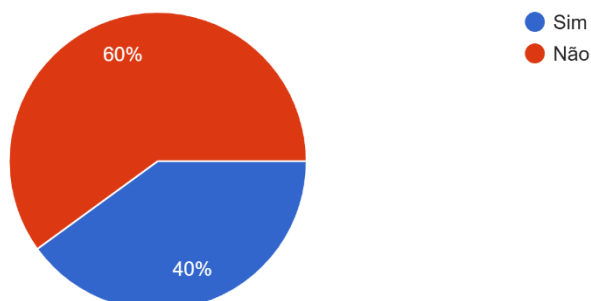


Figura 63 - Avaliação do Impacto das falhas aos inquiridos

Na questão, “Quais os pontos fortes/vantagens do *Procore* na sua opinião?”, os indivíduos responderam:

- “A facilidade e rapidez na atualização da informação para a frente de obra; o controlo absoluto dos desenhos/documentos em circulação; a poupança de tempo e recursos no que diz respeito à partilha de desenhos; a responsabilização mais eficaz dos tempos de resposta ao incluirmos a fiscalização/Dono de obra na plataforma, e de timings de execução e/ou correção de anomalias ao incluirmos, também, os subempreiteiros.”
- “Informação atualizada”
- “Maior autonomia e rapidez.”
- “Facilidade em ver projeto, em efetuar observações e comunicar com a frente de obra”
- “Centralização da informação”

Na questão, “Quais foram as maiores dificuldades que experienciou na utilização do *Procore*?”, os indivíduos responderam:

- “Talvez questões com funcionalidades que não se adaptavam a 100% à nossa forma de trabalhar e que, por isso, foram difíceis ou ainda impossíveis de implementar.”
- “_”
- “Na impossibilidade de alteração de documentos sem previa autorização.”
- “não existiram grandes dificuldades”
- “Burocrático”

Na Figura 64, a maioria afirma que o software tem a capacidade para lidar com a complexidade de grandes obras.

Na sua opinião, o software está preparado para lidar com a complexidade de obras em grande escala?

5 respostas

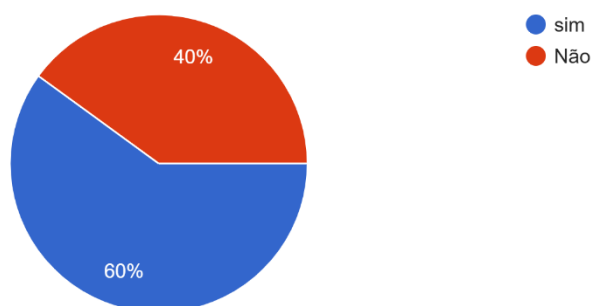


Figura 64 – Avaliação da opinião dos inquiridos sobre a capacidade do software para a gestão de complexas obras

Na questão, “Que melhorias sugere que deviam ser implementadas ou novas funcionalidades no *Procore*?”, os indivíduos responderam:

- “Uma importante, mas compreensivelmente difícil, seria a possibilidade de mudar a língua para Português PT. Neste momento, só é possível a utilização do Português BR e há algumas traduções que não fazem sentido no nosso mercado. Depois penso que, em termos de funcionalidades, o *Procore* já é bastante completo, mas peca, ainda, por um design pouco intuitivo, tanto no manuseamento da funcionalidade como nos resultados que se recebem por e-mail.”
- “Autocad”
- “Creio existirem possibilidades de melhoria, mas efetivamente não conheço suficientemente o software e todas as suas capacidades.”
- “nada a apontar”
- “Integração com a área do Ambiente”

Na Figura 65, observamos um nível de 100% de satisfação devido ao forte impacto positivo do software da maneira como gerem os projetos.

O *Procore* trouxe transformação positiva na forma como a empresa gere os seus projetos?

5 respostas

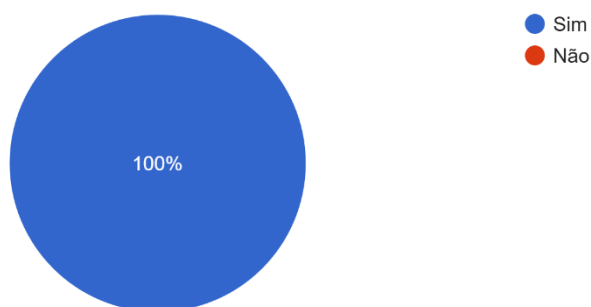


Figura 65 - Avaliação da opinião dos inquiridos à forma como o *Procore* transforma positivamente a gestão dos projetos na empresa

Na questão, “Indique e explique quais no caso de ter respondido que sim à questão anterior”, os indivíduos responderam:

- “Embora não consiga responder com a máxima assertividade a esta questão, penso que sim porque considero uma mais-valia que a empresa comece, cada vez mais, a utilizar sempre a mesma plataforma, as mesmas funcionalidades, os mesmos processos, etc, em todas as obras. Penso que essa transversalidade e rigor são muito benéficos.”
- “Evita consumo de Papel, e com a vantagem de ter sempre à mão qualquer peça do Projeto”
- “Haverá agora uma partilha de informação mais abrangente e compilada.”
- “Facilidade em ver projetos, comunicar com as equipas, rapidez no fluxo de trabalho, submissão, facilidade em submissão de bames, rfi's e armazenamento dos mesmos.”
- “Otimizou o processo de vistorias técnicas”

Na Figura 66, observamos os 100% de recomendação por parte de todos os indivíduos.

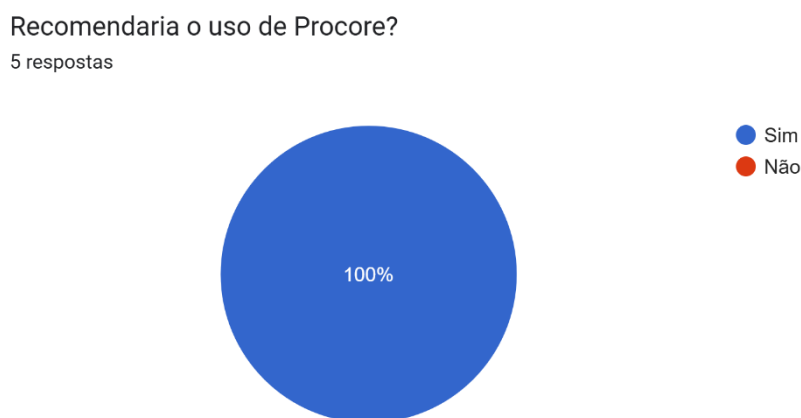


Figura 66 - Recomendação do Procore pelos inquiridos

5.7.3 DISCUSSÃO CRÍTICA FACE AOS RESULTADOS

A análise crítica dos resultados obtidos permite constatar que a implementação do *Procore* trouxe avanços relevantes no processo de gestão de obra, embora tenham sido identificadas limitações estruturais que comprometem a sua plena eficiência.

De forma geral, a plataforma é reconhecida pela maioria dos utilizadores como uma mais-valia, sobretudo pela capacidade de centralização da informação. A rapidez no acesso a dados, a redução de custos operacionais, a partilha estruturada de documentos e a melhoria da comunicação interna e externa são igualmente apontadas como benefícios significativos. Adicionalmente, a possibilidade de utilização em dispositivos móveis constitui um fator diferenciador, permitindo o transporte, o registo e o tratamento da informação em qualquer lugar, em tempo real.

Contudo, a análise revela também barreiras à adoção plena da plataforma. Entre estas, destacam-se a curva de aprendizagem elevada, a resistência cultural ao abandono de ferramentas tradicionais (como Excel, email ou WhatsApp) e a duplicação de processos resultante da insuficiente integração com outros sistemas corporativos. Os inquiridos salientaram ainda aspetos de melhoria desejáveis, como a disponibilização da interface em português de Portugal, um design mais intuitivo e acessível, bem como a integração com softwares amplamente utilizados no setor, como o *AutoCAD*.

Outro ponto crítico identificado refere-se ao desempenho e à usabilidade. A perceção de lentidão, as dificuldades na configuração inicial e a ocorrência de bugs ou falhas ocasionais sugerem que a experiência do utilizador não está totalmente otimizada. Estas fragilidades podem contribuir para a resistência ao uso e comprometer o objetivo de uniformização de processos.

Apesar destas limitações, a maioria dos utilizadores recomenda a utilização do *Procore*, sublinhando a sua relevância na promoção da sustentabilidade, da eficácia dos processos e da agilidade no tratamento da informação. De forma geral, considera-se que o software, sobretudo quando complementado com outras ferramentas, potencia uma gestão mais eficiente e integrada das obras.

6. CONCLUSÃO

Os capítulos dedicados à Gestão de Obra e à Inovação evidenciam a crescente complexidade e exigência do setor da construção, bem como a necessidade de integrar novas práticas e tecnologias para responder a desafios atuais.

No âmbito da Gestão de Obra, foram identificados os fundamentos que sustentam a execução eficiente dos projetos, com destaque para o planeamento rigoroso de custos e prazos, a garantia da qualidade, a segurança no trabalho, a gestão de recursos e a importância da comunicação e coordenação entre os intervenientes. Verificou-se ainda que, para além destas dimensões clássicas, emergem novas exigências ligadas à sustentabilidade, à digitalização e à inovação, que ampliam o papel do gestor de obra e tornam a sua função central para o sucesso dos empreendimentos.

No que respeita à Inovação, o estudo mostrou que a introdução de materiais, processos e tecnologias disruptivas é determinante para promover maior sustentabilidade, eficiência energética, segurança e competitividade no setor. Foram analisadas diferentes dinâmicas de inovação tecnológica, digital, verde e organizacional, bem como estratégias europeias e nacionais que reforçam a importância da modernização do setor da construção. Destaca-se, igualmente, o impacto da inovação como motor de diferenciação empresarial e como resposta às crescentes exigências regulamentares e ambientais.

Em conjunto, os dois capítulos demonstram que a gestão eficiente da obra e a inovação tecnológica não podem ser consideradas de forma isolada. Pelo contrário, constituem vetores complementares que, quando articulados, potenciam a transformação do setor, preparando-o para enfrentar os desafios da transição verde e digital e para assegurar uma maior competitividade e sustentabilidade das construções.

O caso de estudo do edifício Aurios, promovido pela Mota-Engil, permitiu observar de forma concreta a aplicação de um conjunto de soluções tecnológicas inovadoras que refletem os objetivos estratégicos da transição verde e digital no setor da construção. A empresa incorporou materiais e tecnologias que visam alcançar um elevado desempenho energético e uma pegada ambiental reduzida, promovendo soluções ecoeficientes alinhadas com os princípios da sustentabilidade.

A decisão de adotar estas soluções no empreendimento Aurios traduz-se numa clara aposta da Mota-Engil na diferenciação e liderança num setor ainda fortemente marcado por práticas tradicionais. Tornar este edifício num modelo fora dos moldes convencionais da construção teve como principais motivações: a antecipação de futuras exigências regulamentares, a valorização do ativo imobiliário, a resposta a uma procura mais consciente por parte dos utilizadores finais, e o posicionamento estratégico da empresa enquanto referência na inovação construtiva.

Contudo, a integração destas tecnologias exigiu significativas adaptações no plano da gestão da obra. A nível de custos, observou-se um aumento do investimento inicial, principalmente associado à aquisição de materiais inovadores (como revestimentos em cortiça, sistemas fotovoltaicos, componentes reciclados, coberturas verdes). Em termos logísticos, foi necessário repensar o armazenamento, transporte e manuseamento de materiais sensíveis ou volumosos. Ao nível dos prazos, a adoção destas soluções implicou ajustamentos no cronograma, tanto pela complexidade dos processos construtivos como pela necessidade de maior articulação entre os diversos intervenientes. Houve igualmente alterações na forma corrente de construir, com adaptações nos métodos de execução, revisão de projetos e reforço da coordenação entre especialidades, para além dos elevados custos associados.

No domínio da transição digital, a Mota-Engil implementou a plataforma *Procore* nesta obra, com o objetivo de otimizar a gestão documental, o acompanhamento da obra em tempo real, a comunicação

entre equipas e o controlo de qualidade. A utilização desta ferramenta digital revelou-se essencial para gerir a complexidade da obra e para garantir um nível elevado de rastreabilidade e eficiência nos processos.

Apesar da riqueza da experiência observada, este trabalho apresenta algumas limitações. Trata-se de um estudo de caso único, com base na observação de um projeto específico e num período limitado de intervenção. A análise incide apenas sobre um subconjunto de tecnologias, as que foram mais disruptivas ou mais relevantes no contexto da obra e, por isso, não oferece uma visão exaustiva de todas as soluções de inovação atualmente aplicáveis à construção. Além disso, a realidade observada pode não ser representativa de todo o setor da construção em Portugal, existindo empresas com práticas mais ou menos evoluídas, tanto a nível nacional como internacional.

Como desenvolvimento futuro, seria pertinente analisar em detalhe a viabilidade da adoção destas tecnologias em contextos construtivos mais convencionais. Algumas soluções, como os painéis fotovoltaicos e coberturas verdes, podem encontrar limitações associadas ao custo inicial elevado. Outras, como o revestimento em cortiça, podem enfrentar restrições relacionadas com a durabilidade do material face à exposição ambiental, dificuldades no cumprimento de normas vigentes, etc. Por outro lado, tecnologias como a incorporação de materiais reciclados revelam um potencial de massificação, desde que haja disponibilidade e cadeia de fornecimento consolidada.

Em suma, o edifício Auríos representa um exemplo claro de como a inovação, quando bem integrada, pode transformar a prática da construção. Contudo, essa transformação exige mudanças profundas na forma de planejar, gerir e executar obras, colocando novos desafios às empresas. O futuro da construção passará, inevitavelmente, por esta capacidade de adaptação e de antecipação de tendências, sendo essencial continuar a investigar como estas soluções podem ser incorporadas em larga escala, tornando a inovação acessível, sustentável e replicável.

Assim, na minha perspetiva enquanto autor deste trabalho, considero que os objetivos inicialmente definidos foram concretizados. A análise desenvolvida permitiu verificar que a introdução de materiais e tecnologias inovadoras, bem como a utilização da plataforma digital de gestão, se traduziu numa mais-valia efetiva para a obra em estudo. Embora tenha exigido maiores recursos financeiros e adaptações na gestão, ficou demonstrado que estas soluções oferecem ganhos significativos em termos de sustentabilidade, eficiência e diferenciação competitiva.

Do ponto de vista da Gestão de Obra, evidenciou-se que a integração de novas práticas e ferramentas digitais é determinante para otimizar processos e responder aos desafios atuais do setor. Já no âmbito da Inovação, conclui-se que a aposta em materiais e soluções construtivas disruptivas representa um caminho inevitável para empresas que procuram afirmar-se como referências num mercado em rápida transformação.

Em suma, considero que o edifício Auríos confirma que a conjugação entre gestão eficiente e inovação tecnológica é não só possível, como necessária, constituindo um exemplo concreto de como o setor da construção pode evoluir para modelos mais sustentáveis, digitais e competitivos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] “Presença internacional mota-engil,” Dec. 2024. [Online]. Available: <https://www.mota-engil.com/sobre-nos/presenca-internacional/>
- [2] *Designs, Methods and Practices for Research of Project Management*.
- [3] P. Machado, P. Romano, P. Lopes, P. Brito, R. Correia, and J. Couto, “Estudo sobre a implementação da metodologia bim (building information modeling) nas regiões Centro e Alentejo de Portugal,” *Egitania Scientia*, vol. 1, pp. 137–154, Jul. 2023, doi: 10.46691/es.v1i28.90.
- [4] “European Construction Sector Observatory Building Information Modelling in the EU construction sector Trend Paper Series,” 2019. [Online]. Available: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf
- [5] “Digital Transformation: The Future of Connected Construction.”
- [6] “Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth.”
- [7] “Statsbygg bim requirements (New build) - global bim network,” Mar. 2022. [Online]. Available: <https://globalbim.org/info-collection/statsbygg-bim-requirements-new-build/>
- [8] “Digitalisation of european industry (Rp2025) interoperable europe portal.” [Online]. Available: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/digitalisation-european-industry-rp2025>
- [9] “Taxa de acidentes de trabalho mortais por sexo (%).” [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/pt/estatisticas/emprego/outros-indicadores-do-emprego/taxa-de-acidentes-de-trabalho-mortais-por-sexo>
- [10] “Accidents at work statistics Statistics Explained.” [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/>
- [11] “OIT(Organização Internacional do Trabalho),” <https://www.ilo.org/>.
- [12] M. P. Lourenço, A. Arantes, and A. A. Costa, “Barriers to Building Information Modeling (BIM) Implementation in Late-Adopting EU Countries: The Case of Portugal,” *Buildings*, vol. 15, no. 10, May 2025, doi: 10.3390/buildings15101651.
- [13] E. Mitera-Kiełbasa and K. Zima, “BIM Policy Trends in Europe: Insights from a Multi-Stage Analysis,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 11, Jun. 2024, doi: 10.3390/app14114363.
- [14] M. Pedrosa, A. Arantes, and C. O. Cruz, “Barriers to Adopting Lean Methodology in the Portuguese Construction Industry,” *Buildings*, vol. 13, no. 8, Aug. 2023, doi: 10.3390/buildings13082047.
- [15] S. A. Istil, J. Górecki, and A. Diemer, “Study on Certification Criteria of Building Energy and Environmental Performance in the Context of Achieving Climate Neutrality,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15032770.

- [16] “EN.”
- [17] F. Pilar, A. Paiva, C. Dominguez, and J. Varajão, “Principais causas de atrasos do plano de trabalho de uma obra de construção civil.”
- [18] “Ciob home page ciob.” [Online]. Available: <https://www.ciob.org/>
- [19] Cândido Ribeiro, *Organização e gestão de obras - Otimizar Resultados*, 2nd ed. Porto: Publindústria – Edições Técnicas, 2019.
- [20] “Towards a More Innovative Workplace.”
- [21] J. Qiao, “Research on the Impact of Digital Infrastructure Construction on Urban Innovation Quality”.
- [22] J. M. Gouveia, “Modular Construction in Portugal: Analysis of Advantages, Structural Typologies, and Technical Challenges,” *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 13, no. 6, pp. 3165–3173, Jun. 2025, doi: 10.22214/ijraset.2025.72518.
- [23] Project. Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Seventh Edition and the Standard for Project Management (ENGLISH)*. Project Management Institute, 2021.
- [24] R. Sienge, “Como ter previsibilidade na gestão de custos de obra?,” Feb. 2025. [Online]. Available: <https://sienge.com.br/blog/gestao-de-custos-de-obra/>
- [25] the S. Team, “Importance of time management in construction,” Oct. 2024. [Online]. Available: <https://smartbarrel.io/blog/time-management-in-construction/>
- [26] A. Correia dos Reis, *Organização e Gestão de Obras*. Lisboa, 2010.
- [27] “Quality management in construction,” Aug. 2022. [Online]. Available: <https://www.blog-qhse.com/en/quality-management-in-construction>
- [28] “Learn the importance of construction safety management.” [Online]. Available: <https://www.rib-software.com/en/blogs/construction-safety-management>
- [29] master, “Guia Segurança em Obra – tudo o que precisa saber,” Apr. 2023. [Online]. Available: <https://sepri.pt/noticia/seguranca-em-construcao-civil/>
- [30] “Discover the importance of communication in construction.” [Online]. Available: <https://www.rib-software.com/en/blogs/construction-communication>
- [31] Conselho da União Europeia (Consilium), “Objetivo 55.” Accessed: Sep. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/fit-for-55/>
- [32] H. Elmousalami, M. Maxy, F. K. P. Hui, and L. Aye, “AI in automated sustainable construction engineering management,” Jul. 01, 2025, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.autcon.2025.106202.
- [33] Q. Shi, L. Zhiwei, W. Jie, G. Zeng, and W. Han, “Generative AI on innovation performance of construction enterprises: A knowledge-based dynamic capabilities perspective,” *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, vol. 76, Apr. 2025, doi: 10.1016/j.jengtecman.2025.101871.

- [34] A. Alsehaimi, A. O. Baarimah, M. B. Ramu, M. Alajmi, and W. Ahmed, "Integration of BIM in project management phases for achieving sustainable success in small construction projects: A SEM-based approach," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 16, no. 10, Oct. 2025, doi: 10.1016/j.asej.2025.103649.
- [35] "Transition Pathway Construction 15 March 2023 final".
- [36] A. Karvounaraki and A. Stevenson, "European Innovation Scoreboard 2024-Country profile Portugal." [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/dec/2011/833/oj>
- [37] "pt".
- [38] Compete 2030 and C. S. Pinto, "Microplásticos aposta em tecnologia solar moldada para edifícios," Jul. 2025. [Online]. Available: <https://www.compete2030.gov.pt/sem-categoria/microplasticos-aposta-em-tecnologia-solar-moldada-para-edificios/>
- [39] Compete 2030 and miguel.freitas, "Casa do Futuro: Revolução na Construção com Impressão 3D e Sustentabilidade," Nov. 2024. [Online]. Available: <https://www.compete2030.gov.pt/comunicacao/casa-do-futuro-revolucao-na-construcao-com-impressao-3d-e-sustentabilidade/>
- [40] Compete 2030 and C. S. Pinto, "LouroStones investe em unidade autónoma e tecnologia de ponta," Nov. 2024. [Online]. Available: <https://www.compete2030.gov.pt/comunicacao/lourostones-investe-em-unidade-autonoma-e-tecnologia-de-ponta/>
- [41] Compete 2030 and miguel.freitas, "Iluminação pública inteligente ao serviço de cidades mais conectadas," Jun. 2025. [Online]. Available: <https://www.compete2030.gov.pt/comunicacao/iluminacao-publica-inteligente-ao-servico-de-cidades-mais-seguras-sustentaveis-e-conectadas/>
- [42] Compete 2030 and miguel.freitas, "A rota dos fundos europeus destaca a inovação em pás eólicas para um futuro sustentável," Dec. 2024. [Online]. Available: <https://www.compete2030.gov.pt/comunicacao/a-rota-dos-fundos-europeus-destaca-a-inovacao-em-pas-eolicas-para-um-futuro-sustentavel/>
- [43] Compete 2030 and C. S. Pinto, "Indústria do papel portuguesa ganha destaque global," Jun. 2025. [Online]. Available: <https://www.compete2030.gov.pt/comunicacao/industria-do-papel-portuguesa-ganha-destaque-global/>
- [44] ZENN, "A nossa Tecnologia." [Online]. Available: <https://www.sunaitec.pt/pt/a-nossa-tecnologia/>
- [45] "Valorsul." [Online]. Available: <https://www.valorsul.pt/>
- [46] Seara.com, "Aage32." [Online]. Available: <https://www.lipor.pt/pt/produtos-e-servicos/aage32/>
- [47] Seara.com, "Aage32." [Online]. Available: <https://www.lipor.pt/pt/produtos-e-servicos/aage32/>
- [48] R. e T. de Portugal, "Plano do Governo sobre aterros vai obrigar portugueses a pagar mais pelos resíduos," Mar. 2025. [Online]. Available: https://www.rtp.pt/noticias/economia/plano-do-governo-sobre-aterros-vai-obrigar-portugueses-a-pagar-mais-pelos-residuos_n1639295
- [49] "ZinCo_FT_Substrato_Sedum_pt".

- [50] “ZinCo_FT_Filtro_SF_pt”.
- [51] “ZinCo_FT_FD_25E_pt”.
- [52] “ZinCo_FT_Manta_SSM45_pt”.
- [53] “ZinCo_FT_Tela_Antiraiz_WSF 40_pt”.
- [54] “Procore,” Apr. 2025. [Online]. Available:
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Procore&oldid=1284269841>
- [55] “Support home,” Dec. 2014. [Online]. Available: <https://support.procore.com>
- [56] “Caderno de Encargos Tipo Obra.”
- [57] S. A. Senior and C. A. Rogers, “Laboratory Tests for Predicting Coarse Aggregate Performance in Ontario.”
- [58] by L. Allen Cooley and J. S. Michael Huner Robert H James, “MICRO-DEVAL TESTING OF AGGREGATES IN THE SOUTHEAST,” 2002.

