M 2022

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

CONTROLO DA QUALIDADE EM OBRA NO ÂMBITO DA CONSTRUÇÃO 4.0

MAFALDA DE OLIVEIRA E LIMA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ÁREA CIENTÍFICA

U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

CONTROLO DA QUALIDADE EM OBRA NO ÂMBITO DA CONSTRUÇÃO 4.0

MAFALDA DE OLIVEIRA E LIMA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

JANEIRO DE 2022

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2021/2022

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ 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

Fax +351-22-508 1440

✉ 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 - 2021/2022 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2022*.

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.

O Orientador reserva-se nos direitos científicos dos conteúdos deste documento.

À minha mãe, irmã e avó

Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista.

Aldo Novak

AGRADECIMENTOS

No culminar da presente dissertação, que representa o fim do meu percurso como estudante de Engenharia Civil, não poderia deixar de agradecer a todas as pessoas que me acompanharam e me apoiaram ao longo de todo este caminho.

À minha mãe e avó por todo o apoio e amor demonstrados e por todos os conselhos e palavras nos momentos certos. Obrigada por nunca me deixarem desistir e acreditarem sempre em mim. À minha irmã por toda a paciência, apoio incondicional e por ser a melhor ouvinte.

A todos os meus amigos, por serem os melhores amigos que poderia ter. Por estarem sempre presentes nos bons e maus momentos, sempre dispostos a ouvir-me e a festejar os meus sucessos.

Ao meu orientador, Professor Doutor Rui Manuel Calejo Rodrigues, por todo o apoio e confiança, pelos conselhos e partilha de conhecimentos. Por toda a disponibilidade e vontade demonstrada desde início e pela calma e positividade que sempre me transmitiu.

À empresa Engipar. Agradeço ao Engenheiro Paulo Rocha pela oportunidade de me integrar na equipa de trabalho durante o período de dissertação, demonstrando sempre disponibilidade e atenção para comigo e proporcionando-me uma aprendizagem que certamente levarei para o futuro. A todos os trabalhadores, com quem tive o privilégio de me cruzar, agradeço a atenção e simpatia ao longo da minha permanência em obra.

A todos estes, o meu muito obrigada.

RESUMO

A indústria da construção não observa os níveis de produtividade de outros setores, não integrando ainda os avanços tecnológicos da Indústria 4.0. Alguns dos desafios da indústria incluem desorganização no fluxo de trabalho, fragmentação estrutural, falta de investimento, de inovação e controlo da qualidade por processos normais.

Os avanços tecnológicos do século XXI têm potencial para melhorar estes fatores. Muitas empresas adotam novas tecnologias como auxílio ao trabalho diário e para automatizar algumas das suas tarefas, permitindo aos profissionais avaliar e atingir a qualidade do projeto e prevenir e resolver falhas. Com a evolução constante do ramo tecnológico os projetos de construção têm-se tornado cada vez mais complexos e mais competitivos e consequentemente as empresas têm de evoluir e melhorar o seu desempenho, para conseguirem sucesso financeiro e satisfação dos clientes.

Tendo como problemática a existência de não conformidades que se encontram frequentemente em obra e que podem ser melhoradas através da utilização de ferramentas da Construção 4.0, como se encontra descrito no primeiro capítulo, esta dissertação concentra-se na aplicação de um *software* a um caso real de obra, utilizado recorrendo a tecnologia móvel, e ao seu papel no auxílio de tarefas de construção com o objetivo final de controlar a qualidade e de agilizar processos.

Conforme se estabelece no capítulo seis, foi possível obter conclusões claras sobre os aspetos em discussão. A facilidade de utilização deste programa, adicionada à capacidade de mobilidade e de organização fornecida pelo mesmo, proporciona uma facilidade de trabalho, independente do local, que resultará num aumento futuro de qualidade e produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade, Construção 4.0, *Software*, Tecnologia, Digitalização

ABSTRACT

The construction industry does not see the productivity levels of other sectors, not yet integrating the technological advances of Industry 4.0. Some of the industry's challenges include disorganization in workflow, structural fragmentation, lack of investment, innovation, and quality control by standard processes.

The technological advances of the 21st century have the potential to improve these factors. Many companies adopt new technologies as an aid to daily work and to automate some of their tasks, allowing professionals to assess and achieve project quality and prevent and resolve failures. With the constant evolution of the technology industry, construction projects have become increasingly complex and more competitive, and consequently companies have to evolve and improve their performance in order to achieve financial success and customer satisfaction.

Having as problematic the existence of nonconformities that are frequently found on construction sites and that can be improved through the use of Construction 4.0 tools, as described in the first chapter, this dissertation focuses on the application of a software to a real case of construction site, used with mobile technology, and its role in assisting construction tasks with the ultimate goal of controlling quality and streamlining processes.

As established in chapter six, it was possible to obtain clear conclusions on the aspects under discussion. The ease of use of this program, added to the mobility and organizational capabilities provided by it, provides an ease of work, independent of location, that will result in a future increase in quality and productivity.

KEYWORDS: Quality, Construction 4.0, Software, Technology, Digitization

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i

RESUMO iii

ABSTRACT v

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. ENQUADRAMENTO 1

1.2. PROBLEMÁTICA ABORDADA NESTA DISSERTAÇÃO 2

1.3. OBJETIVOS E ÂMBITO 5

1.4. METODOLOGIA 5

1.5. ESTRUTURA 6

2. SÍNTESE DO CONHECIMENTO 7

2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7

2.2. BIBLIOMETRIA 12

2.3. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL 14

2.3.1. CONCEITOS IMPORTANTES 14

2.3.1.1. Entidades Intervenientes num Empreendimento 15

2.3.1.2. Processo Construtivo 16

2.3.1.3. Outros Conceitos 17

2.3.2. QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO 18

2.3.3. SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE 19

2.3.3.1. Normas ISO 19

2.3.3.2. Instituto Português da Qualidade - IPQ 21

2.3.3.3. Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC 22

2.3.4. CUSTOS DA QUALIDADE 23

2.3.5. FISCALIZAÇÃO 25

2.3.5.1. Engenharia de Serviços 25

2.3.5.2. Atuação da Fiscalização 26

2.3.5.3. Áreas Funcionais da Fiscalização 27

2.3.5.4. Agentes da Fiscalização 28

3. CONSTRUÇÃO 4.0 31

3.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO 31

3.2. CONCEITOS ASSOCIADOS 32

3.2.1. ESTALEIRO DE OBRA INTELIGENTE 32

3.2.1.1. Automação 32

3.2.1.2. Sistema *Ciber* Físico (CPS) 32

3.2.1.3. Identificação por Radiofrequência (RFID) 33

3.2.1.4. *Internet* das Coisas (IoT) 34

3.2.1.5. Pré-Fabricação / Modelação 34

3.2.1.6. Robótica 35

3.2.1.7. Tecnologia de Digitalização a Laser (LiDAR) 35

3.2.2. SIMULAÇÃO E MODELAGEM 36

3.2.2.1. Modelação da Informação na Construção (BIM) 36

3.2.2.2. Impressão 3D 37

3.2.3. DIGITALIZAÇÃO 37

3.2.3.1. Computação em Nuvem 37

3.2.3.2. *Big-Data* 38

3.2.3.3. Dispositivos Móveis 38

3.2.3.4. Síntese 39

3.3. BENEFÍCIOS INERENTES À CONSTRUÇÃO 4.0 39

3.4. CASO DE ESTUDO DA ATUAÇÃO DA CONSTRUÇÃO 4.0 NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO 40

3.5. *PLANRADAR – SOFTWARE* COLABORATIVO UTILIZADO 43

3.5.1. ESCOLHA DO *SOFTWARE* 43

3.5.2. APRESENTAÇÃO DO *PLANRADAR* 44

3.5.2.1. Painel de Controlo Inicial 45

3.5.2.2. Projeto 45

3.5.2.3. Gestão de Utilizadores 48

3.5.2.4. Formulário 48

3.5.2.5. Listas 51

3.5.2.6. Notas 52

3.5.2.7. Relatórios 54

3.5.2.8. Estatísticas 58

3.5.2.9. Resumo 58

4. CASO DE ESTUDO 61

4.1. A EMPRESA 61

4.2. MÉTODOS DE CONTROLO DA EMPRESA 62

4.2.1. CONTROLO DA QUALIDADE E DA CONFORMIDADE 62

4.2.1.1. Rotinas de Inspeção 62

4.2.1.2. Registo das Conformidades e das Não Conformidades 62

4.2.1.3. Aprovação de Materiais 63

4.2.1.4. Medições 63

4.2.1.5. Ensaios 63

4.2.1.6. Pedido de Esclarecimento 64

4.2.1.7. Reuniões de Obra e Atas de Reunião 64

4.2.2. CONTROLO ADMINISTRATIVO 65

4.2.2.1. Livro de Obra 65

4.2.2.2. Armazenamento da Informação 65

4.2.3. CONTROLO DE PRAZOS 66

4.2.3.1. Planeamento 66

4.2.3.2. Equipas Produtivas 66

4.3. A OBRA 66

4.3.1. DESCRIÇÃO DA OBRA 66

4.3.2. ENTIDADES INTERVENIENTES 67

5. MÉTODO UTILIZADO 69

5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS 69

5.2. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL – FICHAS E RESPETIVAS PONTUAÇÕES 71

5.2.1. FICHAS DE CONTROLO DE CONFORMIDADE (FCC) 71

5.2.2. FICHAS DE CONTROLO E CORREÇÃO DE NÃO CONFORMIDADE 76

5.2.3. FICHAS DE RECEÇÃO DE MATERIAIS 79

5.2.4. FICHAS DE ENSAIOS E TESTES 83

5.2.5. FICHAS DE PATOLOGIAS 86

5.2.6. FICHAS DE GESTÃO DE ASSUNTOS 89

5.3. AVALIAÇÃO GLOBAL 91

6. CONCLUSÕES 95

6.1. CONCLUSÕES GERAIS 95

6.2. DIFICULDADES SENTIDAS 97

6.3. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO 98

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Construção 4.0 2

Figura 2: Número de artigos por ano 13

Figura 3: Número de artigos por revista 13

Figura 4: Artigos por autor 14

Figura 5: Processo Construtivo 16

Figura 6: Triângulo da Qualidade 19

Figura 7: Evolução das Normas ISO 20

Figura 8: Sistema Português da Qualidade 21

Figura 9: Marca de Qualidade LNEC 22

Figura 10: Entidades Intervenientes 22

Figura 11: Custos de *"re-work"* 24

Figura 12: Custos de Prevenção e de Correção em Função dos Custos de Qualidade 24

Figura 13: Causas dos Custos *"re-work"* 25

Figura 14: Entidades Intervenientes 26

Figura 15: Atuação da Fiscalização 26

Figura 16: Indústria 4.0 32

Figura 17: *CPS* – Robô Autónomo 33

Figura 18: Funcionamento de RFID 33

Figura 19: IoT – *Internet* das Coisas 34

Figura 20: Exemplo de Pré-Fabricação 34

Figura 21: *Drone* em Construção Civil 35

Figura 22: LiDAR – Tecnologia de Digitalização a Laser 36

Figura 23: BIM – Modelação da Informação na Construção 36

Figura 24: Maior Impressora 3D da Europa 37

Figura 25: Computação em Nuvem 38

Figura 26: *Big-Data* 38

Figura 27: Exemplo de um Dispositivo Móvel 39

Figura 28: Logótipo *PlanRadar* 44

Figura 29: Fluxograma *PlanRadar* 44

Figura 30: Painel de Controlo Inicial 45

Figura 31: Projeto Tese 46

Figura 32: Sincronização para Dispositivos Móveis 46

Figura 33: Plano e Camadas do Projeto Tese 47

Figura 34: Atualização de Plantas 47

Figura 35: Menu de Utilizadores 48

Figura 36: Campos para Criação de um Formulário 49

Figura 37: Parte da Lista Global de Formulários Criada 51

Figura 38: Associação de Formulários ao Projeto 51

Figura 39: Lista – Controlo de Conformidade 52

Figura 40: Notas Assinaladas numa Planta do Projeto Tese 53

Figura 41: Conteúdo de uma Nota 53

Figura 42: Criação de Modelos de Relatórios de Notas 54

Figura 43: Seleção do Formato do Modelo de Relatório de Notas 55

Figura 44: Exportação Automática de Relatórios de Notas 55

Figura 45: Modelo Simples de Relatório de Notas em *PDF* 56

Figura 46: Elaboração de um Relatório de Projeto 57

Figura 47: Estatísticas – Projeto Tese 58

Figura 48: Logotipo ENGIPAR 61

Figura 49: Ensaio Realizado em Obra – Criação de Atrito em Cerâmico de Casa de Banho 64

Figura 50: Fotografia da Obra 67

Figura 51: Constituição do Formulário FCC 72

Figura 52: Constituição do Formulário FCC - Continuação 73

Figura 53: Relatório de Controlo de Conformidade – Execução Base de Chuveiro 74

Figura 54: Constituição do Formulário de Controlo e Correção de Não Conformidade 77

Figura 55: Relatório de Controlo e Correção de Não Conformidade – Revestimento Piscina 77

Figura 56: Constituição do Formulário de Receção de Carpintarias 80

Figura 57: Constituição do Formulário de Receção de Pinturas 81

Figura 58: Relatório de Receção de Materiais – Tela de Impermeabilização para Base de Chuveiro 81

Figura 59: Constituição do Formulário de Ensaios e Testes 84

Figura 60: Relatório de Ensaios e Testes – Teste Cerâmico para Base de Chuveiro 84

Figura 61: Constituição do Formulário de Patologias 87

Figura 62: Relatório de Patologias – Humidade na Garagem 87

Figura 63: Constituição do Formulário de Gestão de Assuntos 89

Figura 64: Relatório de Gestão de Assuntos – Guarda Entrada da Moradia 90

Figura 65: Gráfico Radar: Aplicação de Ferramentas de Construção 4.0 94

Figura 66: Análise *SWOT* do Processo Digital de Controlo da Qualidade Implementado 97

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Lista Bibliográfica 7

Quadro 2: Entidades Intervenientes num Empreendimento 15

Quadro 3: Outros Conceitos 17

Quadro 4: Áreas Funcionais 27

Quadro 5: Elementos da Equipa de Fiscalização 29

Quadro 6: Classificação das Consequências Associadas à Construção 4.0 41

Quadro 7: Ícones de Formulários e de Listas 50

Quadro 8: Exemplo de Descrição da Escala 70

Quadro 9: Pontuação FCC 74

Quadro 10: Pontuação Ficha de Controlo e Correção de Não Conformidade 78

Quadro 11: Pontuação Ficha de Receção de Materiais 82

Quadro 12: Pontuação Ficha de Ensaios e Testes 85

Quadro 13: Pontuação Ficha de Patologias 88

Quadro 14: Pontuação Ficha de Gestão de Assuntos 90

Quadro 15: Avaliação Global (Situação Atual Vs Situação Futura) 92

Quadro 16: Número de Aplicações dos Formulários Executados 96

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ACT – Autoridade para Condições do Trabalho

APA – Associação Americana de Psicologia (*American Psychological Association*)

APOGEP – Associação Portuguesa de Gestão de Projetos

ASCE – Sociedade Americana de Engenheiros Civis (*American Society of Civil Engineers*)

BIM – Modelagem de Informação de Construção (*Building Information Modeling*)

CNQ – Conselho Nacional da Qualidade

CPS – Sistemas *Ciber* Físicos (*Cyber-Physical Systems*)

DO – Dono-de-Obra

GGQ – Gestor Geral da Qualidade

FCC – Fichas de Controlo de Conformidade

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

IC – Instituto da Construção

IMPIC – Instituto dos Mercados Públicos do Imobiliário e da Construção

IoT – *Internet* das Coisas (*Internet of Things*)

IPMA – Associação Internacional de Gestão de Projetos (*International Project Management Association*)

IPQ – Instituto Português da Qualidade

IR 4.0 – Quarta Revolução Industrial (*Fourth Industrial Revolution*)

ISO – Organização Mundial de Normalização (*International Organization for Standardization*)

LIDAR – Tecnologia de Digitalização a Laser (*Light Detection and Ranging*)

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MGI – Índice de Digitalização da Indústria (*Industry Digitization Index*)

MQ LNEC – Marca de Qualidade LNEC

MTQ – Mapa de Tarefas e Quantidades

PIB - Produto Interno Bruto

RA – Realidade Aumentada

RFID – Identificação por Radiofrequência (*Radio Frequency Identification*)

RII – Índice de Importância Relativa (*Relative Importance Index*)

RV– Realidade Virtual

SGQ – Sistemas de Gestão da Qualidade

SPQ – Sistema Português da Qualidade

SWOT – Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*)

TIC – Tecnologia de Informação e Comunicação

1
INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A indústria da construção é a principal contribuinte para a infraestrutura civil. É geradora de empregos e contribui para o desenvolvimento económico de cada país. Esta indústria constitui o centro da tecnologia inovadora e nos últimos anos tornou-se o ponto de atração em todo o mundo devido às várias ideias inovadoras implementadas.

Surgiu assim o conceito de Construção 4.0, criado a partir da Indústria 4.0, conhecida com a Quarta Revolução Industrial (IR 4.0). A indústria de manufatura foi se desenvolvendo através de três revoluções com base na mecanização, eletrificação e digitalização, que irão ser descritas no terceiro capítulo. Todas elas desempenharam um papel muito significativo nos avanços de desenvolvimento atuais. No entanto, a mais impactante é a revolução atual, a IR 4.0, onde a tecnologia e as pessoas estão conectadas. Esta descoberta tecnológica apagou as linhas entre o físico e o digital, tornando-se assim única.

A atual revolução possui recursos para melhorar o design, gestão, operações e tomadas de decisão dos projetos de construção. No entanto não apresenta apenas técnicas modernas, apoia também um sistema sustentável. Valores sociais, económicos e ambientais estão inseridos na ação de indústria sustentável da IR 4.0.

Estando perante uma das indústrias mais desafiadoras, diversas soluções promissoras para combater erros e defeitos têm sido propostas. Existem práticas apoiadas na tecnologia utilizadas em empresas de construção que lhes proporcionam vantagens competitivas, facilitam o trabalho em estaleiro de obra, melhoram a gestão da informação e comunicação e são uma boa ferramenta de análise e planeamento constituindo uma melhoria de processos. Estas práticas de gestão muitas vezes diferenciam as construtoras no mercado de construção, melhoram as práticas de gestão como a qualidade, comunicação

e informação, custos e cronogramas, liderança, metas corporativas, mudança organizacional, planeamento e segurança.

A tendência de digitalização, automação, armazenamento em nuvem e aumento do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) constitui o principal conceito da IR 4.0. A indústria da construção está a integrar estas tecnologias inovadoras nas suas práticas comuns. A Figura 1 retrata a Construção 4.0 que inclui a combinação de tecnologia de suporte de estaleiro, simulação e digitalização com o objetivo de garantir o melhor desempenho do projeto.

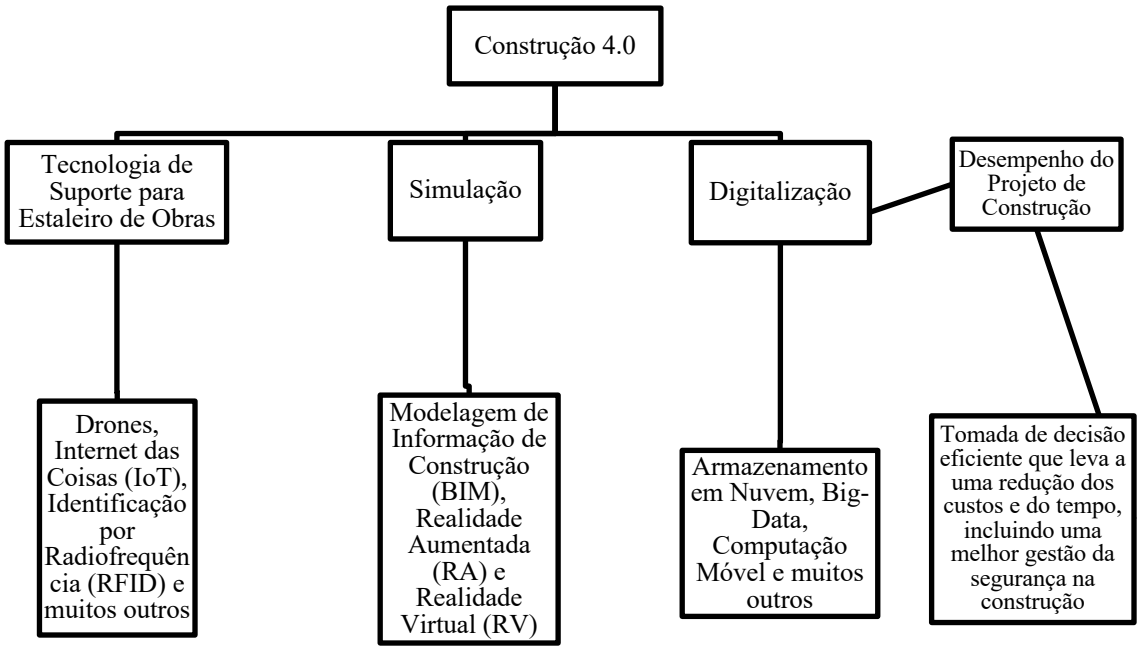


Figura 1: Construção 4.0, adaptado de [2]

Ainda que numa fase muito inicial, também na indústria da construção em Portugal, o desempenho começa a ser aprimorado através da criação de uma área onde cada automação será interconectada por meio de avanços tecnológicos para operar e compartilhar informações melhorando a qualidade do projeto.

1.2. PROBLEMÁTICA ABORDADA NESTA DISSERTAÇÃO

O setor de construção é muitas vezes criticado pelo fraco desempenho produtivo em comparação com outras indústrias. É conservador em termos de adoção de tecnologia e como consequência a

produtividade não melhorou nem evoluiu durante décadas. É atualmente uma das indústrias menos digitalizada em todo o mundo de acordo com o Índice de Digitalização da Indústria (MGI) [3].

Com a evolução tecnológica, surgiu uma variedade de projetos e de informação. Em consequência apareceu uma extensa quantidade de dados e problemas relacionados com a mesma causando às equipas dificuldade em atingir a qualidade sem erros e omissões.

Uma deficiência no projeto ou erros e falhas na documentação são fatores que proporcionam atrasos e aumento de custos. Como *Burati* afirma, desvios de projeto são responsáveis por 79% dos custos totais dos projetos [4].

"Defeitos são manifestações físicas de erros." Segundo *Reason* os erros humanos são causados por deficiências ou lapsos, falta de regras e de conhecimentos, sendo a omissão de informação a causa mais comum [5]. A gestão tradicional de defeitos é complicada. É baseada em papel, dificultada pela extensa entrada de dados e fragmentada pela dispersão geográfica dos trabalhadores.

Como a maioria das atividades necessárias são executadas em ambiente exterior ou exigem deslocações fora do local de trabalho e escritórios, o transporte desta informação em papel poderá causar atrasos e limitações e no seu registo posterior, em dispositivos físicos, poderá não constar toda a informação necessária e recolhida no local uma vez que o ambiente em obra é complexo e muita da informação pode perder-se.

A inspeção de qualidade da construção no local é realizada manualmente estando sujeita a falhas. As informações são registadas em papel e o risco de perda e de manipulação de dados dos documentos comprometem a qualidade.

Todos estes pontos mencionados influenciam a qualidade de uma obra e como consequência, em todo mundo existem 340 milhares de milhões de dólares em custos derivados de omissão de informação e de corrupção informática [6].

Não se pode esquecer que na área da construção, o conjunto de intervenientes é composto por uma variedade imensa de pessoas com diferentes experiências profissionais, diferentes conhecimentos, que têm de trabalhar em equipa para atingir o mesmo resultado. Muitas das falhas e deficiências que ocorrem ao longo de um projeto estão diretamente relacionadas com este ponto: falhas na comunicação entre elementos da equipa e transmissão deficiente da informação.

Com o rápido ritmo de evolução e crescimento da indústria de construção no século XXI, a qualidade é cada vez mais importante para o sucesso do projeto porque desvios do projeto devido a falhas de qualidade resultam em grandes custos e atrasos. Em dez projetos de construção, cinco estão em atraso [3]. Este mau desempenho deve-se principalmente à má organização e a relatórios defeituosos.

Na maioria dos projetos encontra-se uma gestão feita manualmente através de observações visuais e recorrendo a desenhos em papel. Todo o processo é muito demorado uma vez que existem milhares de elementos de projeto e centenas de atividades numa construção que proporcionam a ocorrência de erros.

É habitual no Controlo da Qualidade das obras de construção, encontrar-se um conjunto de problemas extensos aos quais não se irá dar respostas, mas que se pretende consciencializar na medida do trabalho elaborado.

Da análise feita e do contacto com obra, foi possível sintetizar uma lista que se apresenta de seguida:

- Erros, falhas e omissões na documentação;
- Gestão tradicional realizada em papel;
- Inspeções realizadas manualmente e registadas em papel;
- Desorganização da informação;
- Excesso de documentos;
- Armazenamento deficiente da informação;
- Dificuldade na compilação de dados;
- Informação não transmitida em tempo real e sujeita a várias alterações antes de chegar ao recetor;
- Perda de informação;
- Acesso demorado à informação;
- Acesso dificultado à informação;
- Relatórios com defeitos e incompletos;
- Gestão e análise de defeitos feita manualmente através da análise visual no local;
- Processo de análise demorado;
- Necessidade de deslocação durante o trabalho;
- Tomada de decisão demorada;
- Atraso e alterações nos prazos;
- Aumento de custos;
- Dispersão geográfica dos trabalhadores;
- Falhas de comunicação entre intervenientes;
- Baixa produtividade;
- Tempo desperdiçado;
- Desorganização do fluxo de trabalho;
- Falta de investimento e de inovação;
- Procedimentos antigos e desatualizados;
- Falta de organização da informação em estaleiro de obra;
- Ambiente de obra complexo;
- Supervisão deficiente;
- Inspeções demoradas;
- Inspeções incompletas;
- Identificação demorada no local.

A problemática desta dissertação assenta precisamente nestes pontos, na melhoria de alguns dos aspetos descritos no domínio do controlo de qualidade através de novas ferramentas de trabalho oferecidas pelo conceito de IR 4.0.

Há uma necessidade de alteração de procedimentos para combater falhas, defeitos, erros humanos, não conformidades e desvios de qualidade e acabar com a maioria das críticas direcionadas ao setor em estudo.

1.3. OBJETIVOS E ÂMBITO

A presente dissertação tem como objetivos testar e avaliar a introdução de processos de Construção 4.0 no controlo da qualidade de obras, especificamente através de um processo de digitalização e a aplicação do mesmo em obra como forma de avaliação em caso de estudo.

Apesar de existirem objetivos semelhantes em todos os projetos de construção, é muito difícil alcançar coesão durante a implantação do mesmo. Qualquer melhoria de acesso à informação proporciona uma eficaz decisão que facilita os processos levando a redução de custos, melhoria da qualidade e segurança.

A utilização de processos IR 4.0 no âmbito de engenharia civil, em particular direcionado para o controlo da construção, constitui um desafio interessante relativamente à organização da informação e à partilha da mesma, ao seu armazenamento, e à portabilidade oferecida uma vez que é adaptável para dispositivos móveis.

Assim, analisando os métodos utilizados pela empresa na obra de caso de estudo, o objetivo principal assenta na avaliação da utilidade e da capacidade de resolução e simplificação desta ferramenta de Construção 4.0, comparando a situação atual com uma possível situação futura onde seria utilizada esta ferramenta de trabalho.

1.4. METODOLOGIA

Tendo em consideração que este documento não se trata de um relatório, mas sim de um documento que lida com o conhecimento, é de salientar que esta dissertação utilizou o método científico, alicerçando o conhecimento em trabalhos já publicados num conhecimento que já é tido como verdade científica. Isto é, conhecimento científico que na época atual não é contestado. Assim toda a informação utilizada para a realização da mesma foi retirada de fontes de informação credíveis e de carácter científico comprovando toda a veracidade do documento.

Inicialmente a recolha de informação baseou-se em artigos científicos e em dissertações de anos anteriores relacionadas com o tema, assim como no conhecimento adquirido em algumas unidades curriculares da especialização de construções da faculdade como é exemplo a cadeira de Fiscalização de Obras.

Posteriormente, através do acesso concebido aos documentos da obra de caso de estudo, como informações relativas a planeamentos, custos, medições, licenças, projeto, da observação e explicação dos métodos de atuação da empresa no âmbito da coordenação da obra e do controlo de qualidade, realizou-se uma obtenção de informação mais prática e direcionada.

Assim, no âmbito da Construção 4.0, implementou-se o procedimento de digitalização, mencionado na Figura 1, através da aplicação de um *software* à obra em questão de forma a facilitar e organizar todo o controlo de qualidade através das diversas funcionalidades do mesmo como o armazenamento em nuvem e a computação móvel.

Por último, depois de uma análise completa, detalhada e comparativa, foi feita uma avaliação global das vantagens e melhorias observadas com a aplicação desta técnica digital.

1.5. ESTRUTURA

A presente dissertação é constituída por seis capítulos estruturados de forma progressiva facilitando o entendimento do trabalho realizado.

O primeiro capítulo, a introdução, é constituído por cinco subcapítulos – enquadramento do tema abordado, a problemática presente ao longo de toda a tese, objetivos e âmbito da realização da mesma, a metodologia utilizada e a estrutura.

O segundo capítulo, a síntese do conhecimento, é baseado na descrição de várias fontes de informação de caráter científico, algumas dissertações relativas ao tema abordado e alguns apontamentos de unidades curriculares frequentadas pela autora. Neste capítulo é também realizada uma bibliometria de forma a entender a evolução da temática e uma apresentação de diversos conceitos para melhor enquadramento e interpretação do assunto.

O terceiro capítulo dedica-se à Construção 4.0. É realizada uma apresentação de conceitos, de benefícios para a indústria da construção e uma descrição detalhada do *software* de apoio, em que são referidos os diversos comandos e funcionalidades.

No quarto capítulo, são descritos os métodos de operação da empresa no âmbito da coordenação de obra e apresentada informação relativa à obra em estudo.

No quinto capítulo consta o método utilizado para a análise e avaliação da ferramenta digital utilizada neste caso de estudo, assim como os resultados obtidos relativos ao controlo de qualidade.

Por último, no sexto capítulo são descritas as conclusões através de uma retrospetiva sobre os objetivos implementados inicialmente, as dificuldades observadas e o sucesso da utilização destas técnicas inovadoras de controlo de qualidade de um projeto. São ainda realizadas propostas para a melhoria do *software*.

2
SÍNTESE DO CONHECIMENTO

2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De forma a aprofundar e validar informação sobre a temática abordada ao longo desta dissertação, realizaram-se pesquisas em revistas de carácter científico adquiridas em bases de dados científicas como *ASCE Library, Science Direct, Web of Science e SCOPUS.*

Esta pesquisa acompanhou todo o desenvolvimento da tese tendo-se identificado quinze artigos científicos relevantes e enquadrados na temática abordada. Neste espaço de tempo considerável, as frases mais utilizadas no motor de busca das bases de dados foram *"Construction 4.0"* e "*Quality Management Technologies in Construction".*

Foram também consultadas dissertações relativas ao presente tema e apontamentos de Unidades Curriculares que serviram como suporte e estruturação de conceitos referidos.

No Quadro 1 encontra-se uma lista dos vinte e dois documentos consultados, complementando-se no texto com uma síntese de cada um deles.

Quadro 1: Lista Bibliográfica

Referência	Título	Ano
[1]	Lean Thinking and Industrial 4.0 Approach to Achieving Construction 4.0 for Industrialization and Technological Development	2020
[2]	Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects	2020
[3]	Review of image-based analysis and applications in construction	2021
[4]	Proactive Design Quality Assessment Tool for Building Projects	2021

[5]	Explanatory defect causation model linking digital innovation, human error and quality improvement in residential construction	2021
[6]	On-Site Construction Quality Inspection Using Blockchain and Smart Contracts	2021
[7]	Empirical Study on Implications of Mobile ICT Use for Construction Project Management	2019
[8]	Exploring the Impact of Information and Communication Technology on Team Social Capital and Construction Project Performance	2020
[9]	Developing Construction Information Systems Courses Based on Collaboration between Industry and Academia	2021
[10]	Integrated Communication, Control, and Command of Construction Safety and Quality	2019
[11]	Finding Differences among Construction Companies 'Management Practices and Their Relation to Project Performance	2018
[12]	Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders	2020
[13]	A study of trends and industrial prospects of Industry 4.0	2021
[14]	CONSTRUCTION 4.0: A SURVEY OF RESEARCH TRENDS	2020
[15]	CONSTRUCTION 4.0: WHAT WE KNOW AND WHERE WE ARE HEADED?	2021
[16]	Metodologia da Fiscalização de Obras. Apontamentos da Unidade Curricular de Fiscalização de Obras	2020
[17]	Qualidade de um Produto ou Serviço. Apontamentos da Unidade Curricular de Qualidade na Construção	2019
[18]	Gestão de Obras e Segurança. Apontamentos da Unidade Curricular de Gestão de Obras e Segurança	2018
[19]	GPRO, Apontamentos da Unidade Curricular de Gestão de Projetos	2019
[26]	Controlo da Qualidade em Obra. Digitalização de Processos. Dissertação de Mestrado de Bárbara Penhor Duarte Cidade. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto	2021
[27]	Digitalização do Controlo da Qualidade em Obra. Análise de Sistemas Informáticos. Dissertação de Mestrado de Cátia Daniela Silva Henriques. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto	2021

[28]	Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Controlo da Conformidade numa Aplicação WEB. SICCO – Sistema Integrado de Controlo da Conformidade em Obra. Dissertação de Mestrado de Rui Micael Silva Bessa. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto	2016

O artigo [1] começa por explicitar a importância da construção na Europa relacionando-a com o PIB. Expõe conclusões obtidas através de testes e questionários realizados a profissionais de construção relativamente à Construção 4.0 e à sua introdução, constituindo uma base para a presente investigação. O objetivo consistia na análise da influência da Indústria 4.0 no setor e nas consequências da introdução das suas novas ferramentas. Neste texto é reforçada a necessidade de evolução nas formas de operar na construção.

O artigo [2] refere a evolução da indústria através das três revoluções de forma resumida, dando destaque ao papel da IR 4.0. Descreve os diversos constituintes da Construção 4.0 assim como alguns desafios ao longo da sua implementação. Neste documento constam também os resultados de diversas entrevistas realizadas para perceber a disposição dos profissionais do setor da construção em adotar a Construção 4.0. Verificou-se que existe um elevado interesse, mas que a falta de conhecimento sobre o tema ainda é bastante sendo por isso necessário incentivar a digitalização.

No [3] o assunto central são as técnicas de construção baseadas em imagens. Trata-se de uma ferramenta de grande utilidade pela sua rapidez na obtenção e pela possibilidade de permitir anotações na própria imagem assinalando defeitos ou pontos que se pretende salientar. Constitui um método de trabalho vantajoso em comparação com muitos outros pois é uma troca de informação em tempo real contribuindo para avaliação de danos, monitoramento do progresso e para a segurança na construção. O *software* utilizado possui esta funcionalidade, tornando este artigo um meio para amadurecer o conhecimento sobre a mesma.

O [4] desenvolve a temática qualidade na construção enquadrando-se na totalidade desta tese. Neste artigo são referidos diversos fatores que comprometem a qualidade como o conhecimento não correto do projeto, falta de informação sobre o projeto, falta de ferramentas e de tecnologias implementadas, falta de organização e de comunicação. Todos estes fatores proporcionam atrasos e aumento de custos e consequentemente baixa qualidade na obra.

O [5] desenvolve um modelo explicativo das causas dos defeitos com base em entrevistas estruturadas a profissionais de construção. Este modelo propõe alternativas que relacionam a diminuição dos defeitos com o uso da tecnologia para a obtenção de qualidade, tema central da dissertação em causa. É também descrito o papel da tecnologia digital móvel na melhoria da qualidade em projetos de construção e afirma que a capacidade de mobilidade proporciona benefícios uma vez que cada trabalhador tem a possibilidade de aceder à informação quando e onde quiser e que esta vantagem aumenta a produtividade. É ainda referido que proporciona uma sinalização de erros mais prática, uma maior facilidade em gerar notas e em aceder aos documentos guardados reduzindo o número de defeitos.

No [6] é abordado o tópico da inspeção de qualidade no local e o modo tradicional como é realizada através do registo em papel. Afirma que o risco de perda desses registos e da documentação compromete

a qualidade. A automatização tem captado cada vez mais a atenção da indústria da construção ainda que exista pouco conhecimento. Descreve também alguns benefícios em integrar a *Internet* das Coisas (IoT).

O artigo [7] descreve as implicações relativas ao uso das TIC móveis em projetos de construção. A elaboração deste documento foi baseada na recolha de dados a 101 profissionais de construção da Austrália que identificaram cinco consequências da utilização como melhorias na comunicação no trabalho, distração, melhor gestão da informação no local, melhor gestão de defeitos de construção e planeamento de trabalhos. Todos estes fatores são desenvolvidos neste mesmo artigo e verificados ao longo de toda a investigação.

No [8] é descrito o impacto das TIC na elaboração do projeto e no capital social da equipa. A relação e comunicação entre elementos da equipa é crucial para o sucesso do projeto de construção. Afirma que a comunicação e a transmissão de informação continuam desafiadoras e que as TIC fornecem uma oportunidade eficaz para lidar com estas questões. Conclui que as TIC podem superar barreiras impostas pelo tempo e pelo espaço e fornecem a possibilidade de uma troca de informação mais organizada e total aos elementos da equipa de trabalho. Uma vez que o DO da moradia que serviu como acompanhamento e aplicação da presente dissertação não se encontrava, maioritariamente, em Portugal, este artigo descreve vantagens verificadas pelo mesmo através da utilização das TIC.

O artigo [9] foi um dos que despertou mais interesse uma vez que, apesar de não constituir uma fonte de recolha de informação direta para o tema, aborda a colaboração entre a indústria da construção e o ensino que é precisamente o que ocorreu nesta dissertação através do contacto direto com a empresa de construção. Este documento refere que a educação está atrelada à dinâmica do trabalho e o mercado de trabalho depende do desenvolvimento da indústria. É fundamental que os futuros trabalhadores sejam qualificados e capazes de se adaptar a mudanças com as novas tecnologias sendo por isso cada vez mais incutido desde o ensino esta nova forma de trabalhar e assim inicia-se uma ligação fundamental entre a parte académica e a parte industrial da construção.

No [10] são abordadas as questões de segurança e qualidade. São descritas as vantagens do uso de aplicativos móveis para comunicação e controle da construção relacionando a qualidade com a segurança. Este artigo salienta que a tecnologia de ponta para dispositivos móveis oferece uma oportunidade para melhorar a gestão da construção no local.

O [11] descreve as diferentes práticas de gestão de empresas e o consequente desempenho nos projetos através de um exercício de *benchmarking* que envolve nove construtoras. Aborda os indicadores de desempenho de um projeto e destaca a importância da gestão da informação, da comunicação e da utilização de ferramentas para o auxílio de análises e de planeamentos.

No [12] regressa-se ao tema da IR 4.0 presente ao longo de toda a dissertação. Neste artigo são descritos os numerosos desafios que atrasam a implementação deste conceito dando principal destaque ao fator social. O problema inclui complexidade, incerteza e pensamento a curto prazo. Apoia a ideia de que independentemente dos desafios mencionados, a indústria da construção deve adaptar-se a esta mudança uma vez que proporciona melhorias na qualidade do produto final, diminui o tempo de execução melhorando o desempenho da operação.

O [13] descreve que o caminho para o crescimento assenta na inovação tecnológica, no progresso do conhecimento e no avanço da gestão. Este artigo apresenta vantagens e desafios da Indústria 4.0 começando por descrever de forma resumida toda a história das revoluções industriais, fornecendo uma análise mais antiga e fundamental para o enquadramento da temática. Refere ainda diversos componentes desta indústria como IoT e Identificação por Radiofrequência (RFID).

O [14] volta a abordar o tema da Construção 4.0. É analisada a evolução do setor da construção desde 2009 e descrito que a adoção de ferramentas como Modelagem de Informação de Construção (BIM), utilização de sensores, máquinas inteligentes, dispositivos móveis, *softwares* e *drones* permitem uma melhor e mais qualificada visualização e execução do projeto. Refere ainda a importância de uma boa gestão de processos incentivando a melhoria no acesso à informação através destas ferramentas proporcionando uma tomada de decisão mais eficaz.

O [15] fornece mais informação sobre a Construção 4.0. Descreve a transição para esta nova construção, os principais motivadores como o BIM, que ocupa a posição central, e a transferência de ideias para o mundo físico recorrendo a Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV). Refere ainda o conceito de IoT e de outras ferramentas como a impressão 3D e o monitoramento e controle do projeto utilizando RFID e Tecnologia de Digitalização a Laser (LiDAR).

É importante salientar que muitos destes artigos não foram utilizados diretamente na presente dissertação. No entanto, todos foram úteis para a conceptualização e generalização de conceitos, para amadurecimento de conhecimento e assimilação de informação sobre a temática abordada de forma a facilitar o desenvolvimento da mesma.

Os apontamentos da unidade curricular de Fiscalização de Obras [16] forneceram grande parte da informação para a elaboração da terceira parte deste capítulo. Constituíram o enquadramento relativamente à atuação da fiscalização numa obra e à sua constituição.

O [17] constituiu uma base de recolha de informação relativa à qualidade e aos diversos significados atribuídos à mesma, assim como a maioria de informação relativa aos sistemas de gestão da qualidade descritos mais a baixo.

Os apontamentos de Gestão de Obras e Segurança [18] ajudaram na contextualização de toda a gestão de um empreendimento, no processo construtivo e nos intervenientes mencionados no subcapítulo do enquadramento conceptual.

O conjunto de informação retirado da unidade curricular de Gestão de Projetos [19], estruturou todas as etapas de um projeto, auxiliando na compreensão da elaboração do mesmo que constitui uma etapa fundamental do processo.

O documento [27] é uma dissertação de mestrado relativa ao tema abordado em que foram aplicados em obra dois *softwares* de controlo de qualidade constituindo dois processos de digitalização da informação mais rápidos e eficientes que proporcionaram melhorias. Um dos programas utilizados foi o *PlanRadar*, *software* que foi também usado na presente dissertação, servindo assim como um excelente suporte de aprendizagem do programa.

No [28] encontra-se novamente uma tese de mestrado em que o objetivo assentou numa análise detalhada e comparativa de dois *softwares* implementados num caso prático de uma obra de forma a agilizar e organizar a informação garantindo a qualidade da mesma. Este documento forneceu muita informação relevante sobre a temática presente e auxiliou na estruturação e organização de vários conceitos.

O [29] tem como tema o desenvolvimento e a implementação de um sistema de controlo de conformidade com base numa aplicação *WEB*. Mais uma vez, o tema de digitalização e alcance da qualidade está inerente permitindo uma recolha de informação e de conceitos solidificada, alicerçando o conhecimento.

2.2. BIBLIOMETRIA

Considerando todos os documentos mencionados anteriormente, entendeu-se ser útil analisá-los e agrupá-los de acordo com o ano de publicação e a revista onde foram publicados os artigos científicos.

Começando pelo ano de publicação, os artigos, dissertações e os apontamentos de unidades curriculares frequentadas mencionados são muito atuais. Iniciando a análise pelas referências científicas, embora a indústria da construção continue muito tradicional, a implementação de ferramentas digitais tem crescido gradualmente e por isso a pesquisa recaiu sobre publicações mais recentes uma vez que há um desenvolvimento aprimorado nos últimos anos e que são publicações mais atualizadas e adaptadas à realidade. Para além disso, muitos destes artigos possuem uma síntese sobre o seu desenvolvimento ao longo dos anos, permitindo o entendimento de toda a evolução.

Relativamente aos apontamentos de unidades curriculares da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), apesar de serem disciplinas lecionadas há alguns anos, encontram-se bastante atualizados uma vez que abordam temas de grande dimensão e com um desenvolvimento exponencial ao longo dos anos.

As três dissertações que constituíram um suporte para a elaboração da presente tese, são muito recentes com exceção de uma delas que foi concluída em 2016. Esta análise demostra que a temática tem evoluído e tem suscitado cada vez mais o interesse e aprendizagem por parte dos estudantes.

Desta forma, na Figura 2 encontra-se o número de documentos organizados por data de publicação. Neste gráfico é visível que este número tem crescido, destacando-se valores superiores em 2020 e 2021, o que significa que cada vez mais existe a vontade de conhecer, implementar e discutir esta temática.

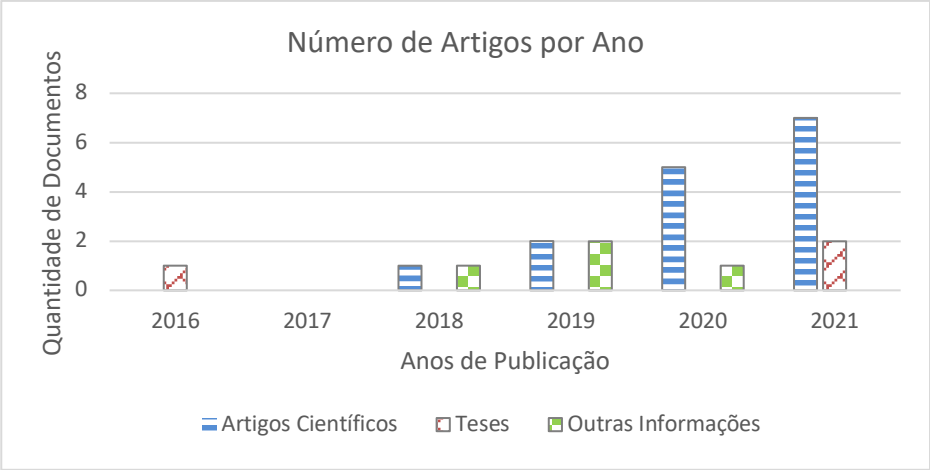


Figura 2: Número de Artigos por Ano

Relativamente às fontes encontradas em artigos, é observável através da Figura 3, a sua diversidade, apesar de existir uma que se destaca, *Journal of Management in Engineering*. Esta realidade constituiu um fator positivo pois significa que existe um grande interesse relativo à implementação destas novas tecnologias na indústria da construção e cada vez mais existe a procura e a disponibilização de informação relativa a este tema.

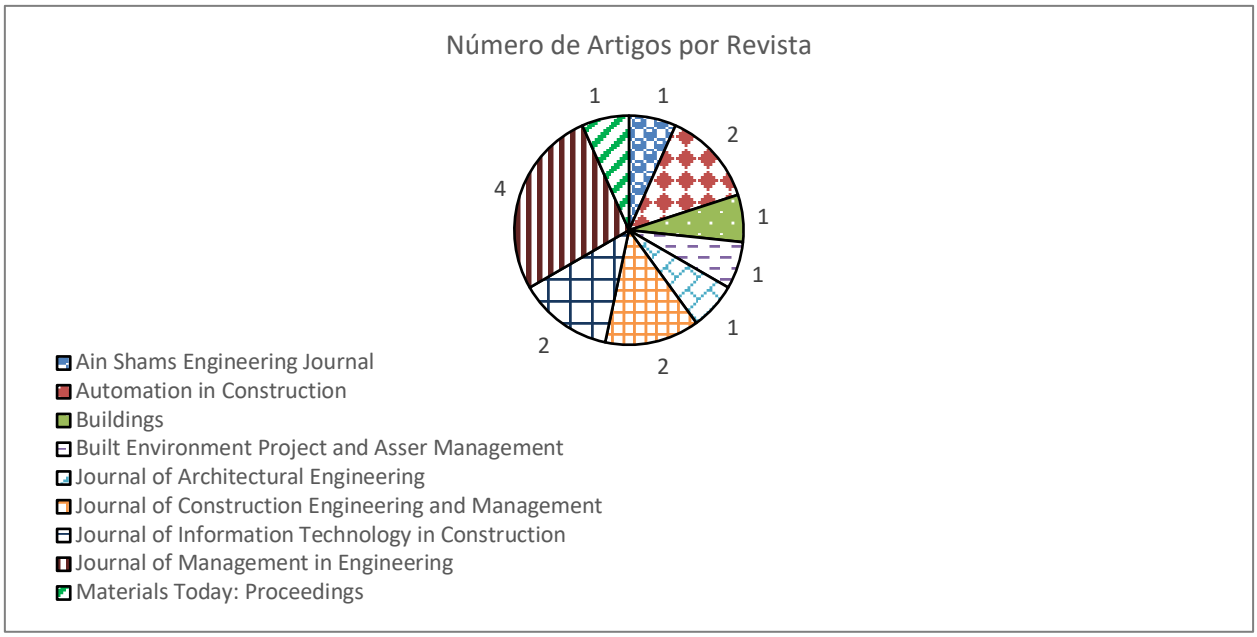


Figura 3: Número de Artigos por Revista

Por último é importante referenciar os autores dos artigos ilustrados na Figura 4. Apesar de não ser um gráfico expressivo, optou-se por mantê-lo uma vez que transmite e reforça a ideia de que se trata de um tema disperso por autores, sem existência de concentração, em que todos os autores são diferentes. Tal como a diversidade encontrada nas revistas científicas, esta dispersão também pode constituir uma vantagem pois mostra o interesse do tema. É um tema cada vez mais estudado e é do interesse de múltiplos profissionais para o qual não existe ainda uma "escola", ou um "grupo", isto é, observa-se inexistência de um conhecimento total e absoluto.

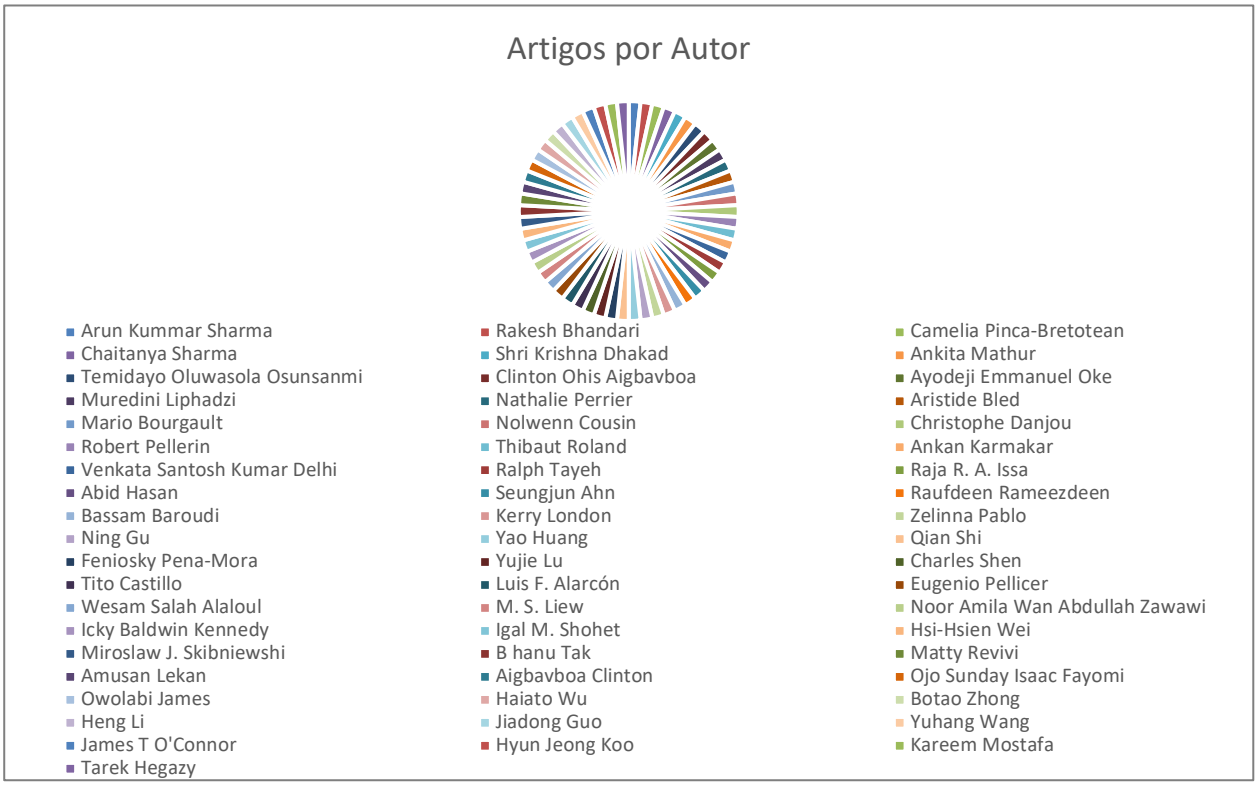


Figura 4: Artigos por autor

2.3. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

2.3.1. CONCEITOS IMPORTANTES

Pressupõe-se que o leitor já é familiarizado com a área da construção, no entanto neste subcapítulo serão abordados conceitos fundamentais para a interpretação e clarificação de todo o capítulo e da forma como atua a Fiscalização de Obras.

2.3.1.1. Entidades Intervenientes num Empreendimento

Os projetos de construção são geralmente caracterizados pela complexidade, abertura e participação multidisciplinar. O sucesso de um projeto depende de todos os seus intervenientes.

Apesar de todos terem interesses divergentes, o objetivo final é comum, obter a maior qualidade do produto final e a satisfação do cliente.

Como entidades intervenientes num empreendimento temos:

- Dono-de-Obra;
- Empreiteiro;
- Equipa Projetista;
- Entidades Licenciadoras;
- Fiscalização.

Quadro 2: Entidades Intervenientes num Empreendimento [16] [18]

Dono-de-Obra (DO)	É a entidade que possui o investimento e que proporciona a execução dos projetos. É o gestor geral do empreendimento e o responsável pela contratação da equipa de fiscalização, empreiteiro, projetista e pela nomeação do coordenador de segurança em projeto. Ordenante, Adjudicante.
Empreiteiro	Entidade singular ou empresa responsável pela realização de obras de construção, renovação ou demolição de um edifício. Pode ser designado por empreiteiro geral quando subcontrata partes de obra a outras entidades, subempreiteiros. Os empreiteiros dividem-se em dois grupos, aqueles que possuem a sua própria equipa de trabalho e aqueles que subcontratam partes da obra ou a obra na totalidade a outras empresas.
Equipa Projetista	Equipa multidisciplinar contratada pelo DO. Responsável pela elaboração de desenhos de projetos relativos a instalações, equipamentos e máquinas, através de especificações técnicas, instrumentos e *softwares* disponíveis. Constituída por vários autores de projeto e pelo coordenador de projeto.
Entidades Licenciadoras	Garantem o cumprimento de toda a legislação em vigor, posturas municipais e Regulamentos Nacionais. Verificam o cumprimento de regras especificas de execução de trabalhos de cada especialização e apoiam tecnicamente a obra através do fornecimento de licenças e autorizações.

Fiscalização	Contratada pelo DO, compete à fiscalização promover as ligações entre os intervenientes referidos, bem como evitar contactos fora da sua intervenção. A sua intervenção deve ser iniciada na fase terminal do projeto e concluída no início da utilização.

2.3.1.2. Processo Construtivo

Apesar da fiscalização só iniciar a sua atuação na fase final do projeto é fundamental enquadrar todo o processo construtivo de um empreendimento da construção. Na Figura 5 encontram-se representadas as quatro etapas e as consequentes fases.

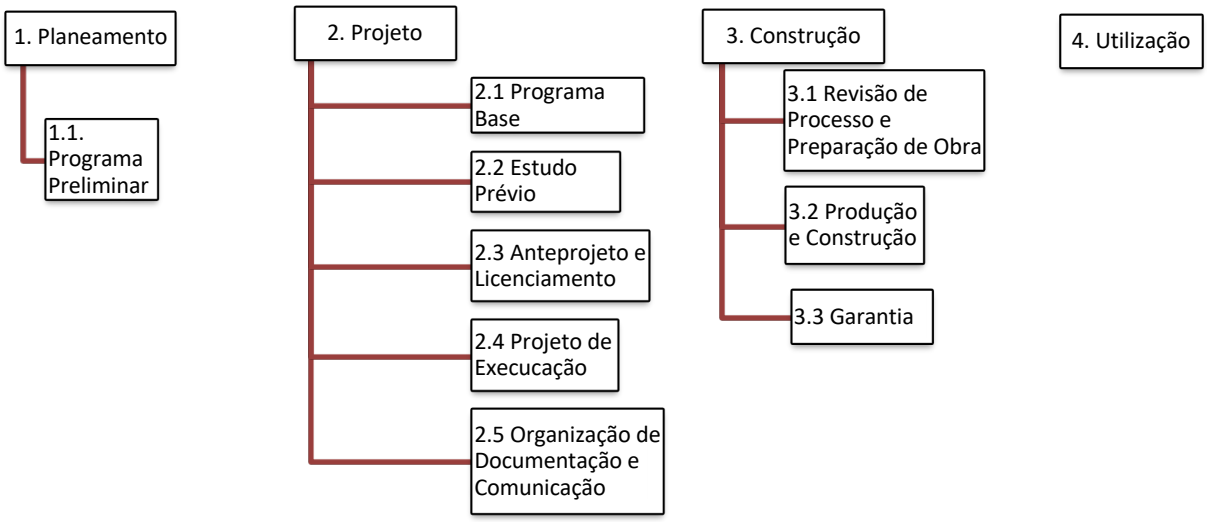


Figura 5: Processo Construtivo

O projeto constituí o modelo prospetivo de uma construção. É dividido em cinco fases e organizado por especialidades (arquitetura, estruturas, abastecimento de águas, drenagem, térmica, acústica, entre outras). Cada especialidade é organizada através de peças escritas como memória descritiva e justificativa, notas de cálculo, condições jurídicas e técnicas, estimativa orçamental, plano de segurança e por peças desenhadas, como plantas, cortes e pormenores.

2.3.1.3. Outros Conceitos

Quadro 3: Outros Conceitos

Subempreitadas	É o contrato pelo qual uma terceira parte se compromete para com o empreiteiro a realizar parte da obra a que este se encontra associado ou a totalidade da mesma.
Adjudicante	Entidade que encomenda a tarefa ou o serviço [16].
Adjudicatário	Entidade que executa a tarefa ou o serviço [16].
Revisão do Projeto	Conjunto de métodos que devem ser adaptados à dimensão do projeto e que têm como objetivo a eliminação de erros, omissões e incompatibilidades.
Patologia	Derivado de um termo grego, significa *"estudo da doença"* e em engenharia civil atribui-se este conceito a danos que ocorrem em edifícios. Vários estudos indicam que cerca de 50% das patologias existentes provêm de erros ou omissões de projeto [17].
Erros de Projeto	Informação incorreta.
Omissões de Projeto	Aspetos que não se encontram descritos nem referidos em nenhuma parte do projeto.
Incompatibilidades de Projeto	Informação contraditória ou que apresenta conceitos ou aplicações diferentes no projeto.
Conformidade	Ação que garante a qualidade pretendida segundo o projeto.
Matriz de Soluções	Matriz elaborada para controlar e rever o projeto. Verifica a coerência e a possível omissão de informação nos diferentes elementos do projeto relativa a cada solução construtiva [16].

2.3.2. QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO

Qualidade é um termo que se pode encarar de diferentes perspetivas e que pode ter significados diferentes. Em construção existem vários métodos através dos quais é possível obter qualidade como por exemplo, a introdução de controlo de qualidade com suporte digital que veio, sem dúvida, ajudar na obtenção de um bom processo final.

Segundo a Norma ISO 9000 interpreta-se o conceito de qualidade como sendo o "*grau com que um conjunto de características inerentes (a um produto ou serviço) cumpre os requisitos*", ou seja, é o que caracteriza o resultado final do produto ou serviço face ao pedido e esperado pelo cliente [17].

Outra definição é sugerida pelo *British Standard BS4778* que define qualidade como "*o conjunto de propriedades e características de um produto ou serviço relacionadas com a sua capacidade de satisfazer exigências expressas ou implícitas (...)*" [17]. Exigências implícitas são requisitos associados às funções primárias que o produto ou o serviço deverá cumprir, podem ser de cariz óbvio ou estarem comtempladas em normas e regulamentos. As exigências expressas são constituídas por requisitos especificados pelo cliente. Conclui-se assim que a obtenção de qualidade corresponde a um equilíbrio entre as características que um produto ou serviço terá de possuir e as características procuradas pelo cliente.

Este é um fator ao qual se atribui cada vez mais importância. No desenvolvimento de projetos os requisitos expressos merecem especial atenção. São necessários projetos técnicos onde muitas vezes estão inseridas diferentes áreas e diferentes ramos onde as linguagens são diferentes e por isso é fundamental que haja uma comunicação clara e objetiva para que seja obtida a solução mais equilibrada e satisfatória para todos.

"*Um produto com qualidade é um produto que possui clientes"* [17]. O cliente é uma peça fundamental muitas vezes ignorada na indústria da construção. Esta participação e envolvimento do cliente pode contribuir de forma positiva tornando-se um fator de enorme importância na pesquisa e identificação de soluções inovadoras e mais eficientes. Ter a satisfação do cliente é um dos objetivos que todos querem alcançar e devem analisar esta questão melhorando assim o desempenho da indústria da construção.

De acordo com um estudo da ASCE – Sociedade Americana de Engenheiros Civis pode-se caracterizar e obter qualidade através de quatro fatores [22]:

- Cliente: atender às suas necessidades, cumprir os prazos, responder dentro do orçamento, ciclo de vida da construção e aos custos de manutenção e de utilização;
- Projeto: responder aos requisitos de forma a que fique de acordo com o estabelecido garantindo um orçamento para formar uma qualificada equipa de trabalho e outro para o esclarecimento das condições do local;
- Dono-de-Obra, Empreiteiro e Fiscalização: cumprir os requisitos do empreiteiro relativos às tarefas a realizar, as especialidades e outros documentos de modo a que seja possível a

preparação de uma proposta com preços competitivos, tomadas de decisões atempadas por parte do DO e da equipa projetista relativas às alterações no projeto, interpretações justas e atempadas por parte da fiscalização e um contrato de trabalho com um cronograma adequado;

- Entidades Reguladoras: cumprimento dos requisitos quanto à segurança e higiene, ambiente, proteção do património e das normas e leis aplicáveis.

O sucesso do projeto geralmente indica a boa gestão de todo o projeto, e o sucesso da gestão significa a conquista do alto desempenho e da qualidade ao longo do mesmo. Como indicadores de desempenho e de qualidade temos custo, tempo e satisfação do cliente. Em suma, melhorar o desempenho do projeto é crucial para o sucesso do projeto de construção. A Figura 6 representa precisamente isso, os três fatores mais importantes que asseguram a qualidade e o consequente desempenho.

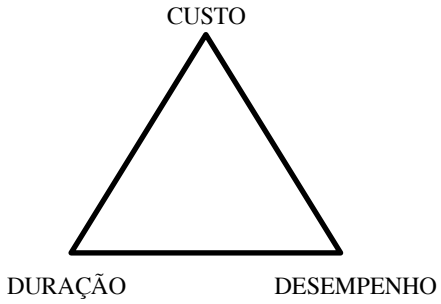


Figura 6: Triângulo da Qualidade, adaptado de [23]

2.3.3. SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

A qualidade exige uma abordagem abrangente uma vez que é responsabilidade de todos, envolvendo diversas áreas durante o decorrer de uma obra. Assim surgiram os sistemas de gestão de qualidade para garantir um padrão nos processos de construção melhorando o controlo dos mesmos.

2.3.3.1. Normas ISO

Devido à necessidade de harmonizar as políticas de qualidade nos diversos países surgiram as normas ISO. Criadas em 1946, pela Organização Mundial de Normalização (ISO), estas normas destinam-se a definir políticas e procedimentos que deverão ser seguidos para obter a qualidade pretendida [17].

As normas da série ISO 9000 (9000, 9001, 9004 e outras associadas) foram publicadas inicialmente em 1994, vindo a ser profundamente revistas em 2000, 2005, 2008 e em 2015, como se pode observar na Figura 7, principalmente a 9001 com o objetivo de melhorar o esclarecimento de certos conceitos e de harmonizar com outras normas, nomeadamente ISO 1400 relativa a sistemas de gestão ambiental [17].

ISO 9000 – EVOLUÇÃO / *EVOLUTION*

Ref. ISO	Descrição / *Description*	*2000*	*2005*	*2008*	*2009*	*2015*
9000	Sistemas de Gestão da Qualidade – Aspetos fundamentais e vocabulário *Quality management systems - Fundamentals and vocabulary*	X	X			X
9001	Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos *Quality management systems - Requirements*	X		X		X
9004	Gestão para um sucesso sustentado de uma organização – Uma estratégia de gestão da qualidade *Managing for the sustained success of an organization - A quality management approach*	X			X	

Figura 7: Evolução das Normas ISO [17]

A primeira norma desta série define os aspetos fundamentais dos Sistemas de Gestão de Qualidade (SGQ) e a terminologia associada.

A 9001 especifica os requisitos que devem cumprir os SGQ. Estes requisitos incluem aspetos de documentação, política da qualidade e responsabilidade da direção da empresa, processos de produção, metodologias de avaliação de resultados e incremento do desempenho.

A norma 9004 fornece diretivas para as ações a desenvolver pela empresa direcionadas para o incremento do desempenho e produtividade.

Presentes na Norma 9000:2000 encontramos os oito princípios para a melhoria do desempenho [17]:

1. Concentração no cliente: as empresas e organizações dependem e existem para os seus clientes e deverão atender às suas necessidades presentes e futuras esforçando-se para ultrapassar as expectativas;
2. Liderança: os líderes criam os objetivos e a evolução da empresa. Deverão estabelecer também um ambiente que permita que as pessoas se envolvam nesses mesmos objetivos;
3. Envolvimento das pessoas: as pessoas constituem a essência numa empresa e o seu envolvimento faz com que as suas capacidades sejam utilizadas em benefícios da empresa;
4. Abordagem por processos: a obtenção de um resultado é atingida de forma mais eficaz quando os recursos e as atividades são geridos como um processo;
5. Abordagem sistémica da gestão: identificar, compreender e gerir processos como um sistema contribui para a eficiência da organização e para os seus objetivos;
6. Melhoria contínua: a melhoria contínua deverá ser uma meta permanente;
7. Decisões baseadas em evidências: as decisões deverão ser sempre baseadas na análise de dados e de informação;
8. Relações de benefício mútuo com os fornecedores: Apesar da empresa e os fornecedores serem independentes, uma relação com benefícios mútuos implementa a criação de valor acrescentado.

2.3.3.2. Instituto Português da Qualidade - IPQ

O Instituto Português da Qualidade (IPQ) é a organização pública responsável pela criação e pela coordenação do Sistema Português da Qualidade (SPQ). Associado ao SPQ temos também o Conselho Nacional da Qualidade (CNQ) como é observável na Figura 8.

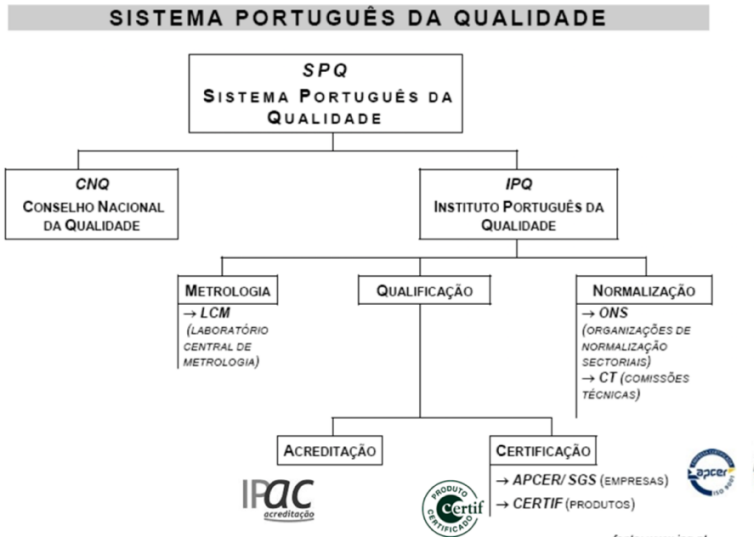


Figura 8: Sistema Português da Qualidade [17]

O IPQ é responsável por:

- Metrologia: função cujos objetivos consistem em assegurar o rigor, coerência e permitem a comparação dos resultados obtidos por instrumentos de medida;
- Normalização: atividade que conduz à obtenção de soluções para problemas de carácter repetitivo, no âmbito da ciência, da técnica, com o objetivo de obtenção de um grau de organização de um domínio. Consiste na elaboração de normas que têm como finalidade a racionalização e simplificação de processos, componentes, produtos e serviços. Facilitam o entendimento e o estabelecimento de parâmetros a utilizar em fases de trabalho e em avaliações de conformidade;
- Acreditação: função que pretende avaliar a competência técnica de entidades para fornecerem serviços de acordo com determinadas normas ou especificações técnicas. Estão incluídos os sistemas referentes a laboratórios de ensaio e calibração, organismos de certificação e organismos de inspeção sectorial e de veículos;
- Certificação: consiste em avaliar com credibilidade a conformidade de documentos de referência precisos.

2.3.3.3. Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC

A Marca de Qualidade LNEC (MQ LNEC), cujo logotipo se encontra na Figura 9, foi criada no dia 1 de outubro de 1990 através do Decreto-Lei nº310/90 [20]. É um processo de certificação de qualidade que aplica conceitos de gestão e de garantia da qualidade aos empreendimentos e que abrange as diferentes fases da obra, desde a conceção e do projeto até à execução da obra, incluindo os materiais, componentes e equipamentos necessários.



Figura 9: Marca de Qualidade LNEC [20]

A MQ LNEC possui caráter voluntário e pode ser adquirida por empreendimentos públicos e privados na fase inicial do processo construtivo, tendo como objetivos:

- A elaboração de um plano geral de garantia da qualidade que cumpra as disposições contratuais, legais e regulamentares aplicáveis e as especificações técnicas, assim como a prática das boas regras de arte;
- Níveis de satisfação superiores em relação aos requisitos explícitos na legislação;
- Redução do risco de danos associados aos empreendimentos consequentes de anomalias ao longo do processo construtivo;
- Redução dos prémios de seguros de responsabilidade e de construção.

Relativamente às entidades intervenientes, para além do LNEC e do DO, intervêm no processo Gestores Gerais da Qualidade (GGQ) do empreendimento segundo critérios definidos no Decreto-Lei 310/90 [20]. A relação entre estes intervenientes é ilustrada na Figura 10.

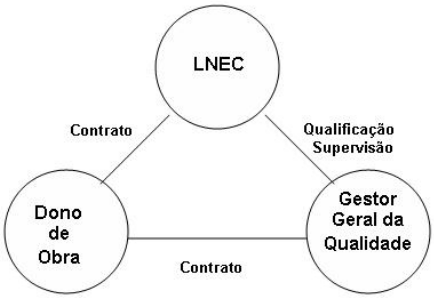


Figura 10: Entidades Intervenientes [20]

A aquisição da MQ LNEC implica o cumprimento de alguns requisitos como:

- O DO terá de nomear um GGQ, qualificado pelo LNEC;
- O GGQ elabora um Plano Geral de Garantia da Qualidade que terá de incluir todos os domínios e aspetos inerentes à realização do empreendimento, sendo posteriormente aprovado pelo LNEC;
- No fim da obra, o GGQ terá de emitir uma declaração de conformidade explicitando o cumprimento dos objetivos do Plano Geral de Garantia da Qualidade;
- Essa declaração terá de ser homologada pelo LNEC.

A MQ LNEC não se conhece, na última década, em número representativo em edifícios, contudo, para atribuição da MQ LNEC a edificações é necessário a existência de empresas que façam Controlo da Qualidade e que sejam reconhecidas pelo LNEC como GGQ. A verdade é que, embora não existam obras com a MQ LNEC, há uma grande quantidade de empresas com o título de GGQ e o LNEC mantém ativo a atribuição deste título. Podemos assim concluir que a MQ LNEC não teve o êxito desejado mas a regulamentação da atividade teve, permitindo uma distinção entre empresas.

2.3.4. Custos da Qualidade

A minimização dos prazos e a redução dos custos constituem dois objetivos principais de um projeto de construção. Existem muitas barreiras que impedem o alcance destes fatores. *Kirby*, *Burati*, *Tilley* e *Barton* afirmam que erros e falhas na documentação, desvios no projeto e uma má conceção do mesmo são as principais condicionantes [4]. A solução assenta numa gestão eficiente, uma gestão da qualidade que irá diminuir os custos de *"re-work"*. *Love* definiu custos de *"re-work"* como sendo o custo total consequente de problemas e falhas que ocorrem antes e depois do resultado final ser entregue [21].

Fegunbaum refere as quatro componentes dos custos de *"re-work"* [25]:

- Custos de Prevenção: relativos a todas as tarefas que têm como função prevenir ou reduzir erros e defeitos antes de ocorrerem;
- Custos de Avaliação de Conformidade: incluem todos os procedimentos de obtenção de conformidade e a especificação necessária para tal;
- Custos de falhas internas: relativos a retificações de erros e defeitos antes do produto final ser entregue enquanto está sob o controlo da entidade responsável pelo mesmo;
- Custos de falhas externas: englobam os custos ocorridos posteriormente à entrega do produto final.

Podemos assim afirmar que os custos *"re-work"* se dividem em dois grupos como se pode observar na Figura 11. Custos com correções e custos com prevenção que depois se dividem nas quatro componentes referidas anteriormente.

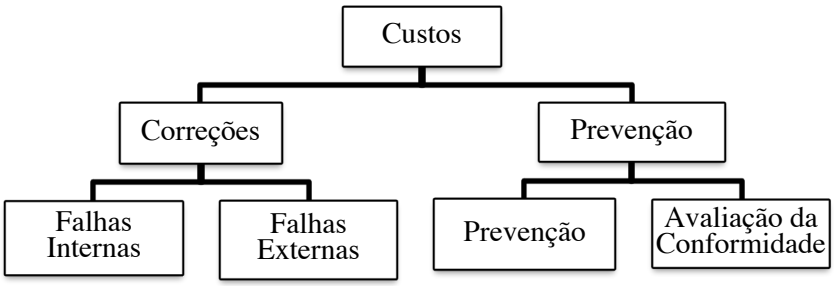


Figura 11: Custos de *"re-work"*, adaptado [26]

É importante perceber que existe uma relação entre os custos de prevenção e os de correção. O investimento nos custos de prevenção e de avaliação de conformidade diminuem os custos de correções de falhas. Estes dois custos desenvolvem um estudo complexo para obter um ponto de rentabilidade máxima. O investimento nas prevenções deve ser tal que os custos de correções não sejam demasiado elevados, no entanto não deve ser máximo pois poderá ser desnecessário em determinados componentes e serviços. Este equilíbrio deve ser obtido pensando sempre no custo total da qualidade.

A Figura 12 demostra duas situações distintas relativas aos custos de prevenção e de correção em função dos custos de qualidade. Na figura da esquerda observa-se que um baixo investimento nos custos de prevenção proporciona um aumento dos custos de correção, mantendo um valor elevado dos custos totais de qualidade. A figura da direita expõe um caso em que o investimento nos custos de prevenção foi superior à situação da figura da esquerda e consequentemente os custos de correção reduziram assim como o custo total de qualidade.

Conclui-se que os custos preventivos têm uma influência direta no valor global. Desta forma devemos encarar estes custos como um investimento necessário para a diminuição do custo final de uma dada obra conferindo-lhe qualidade.

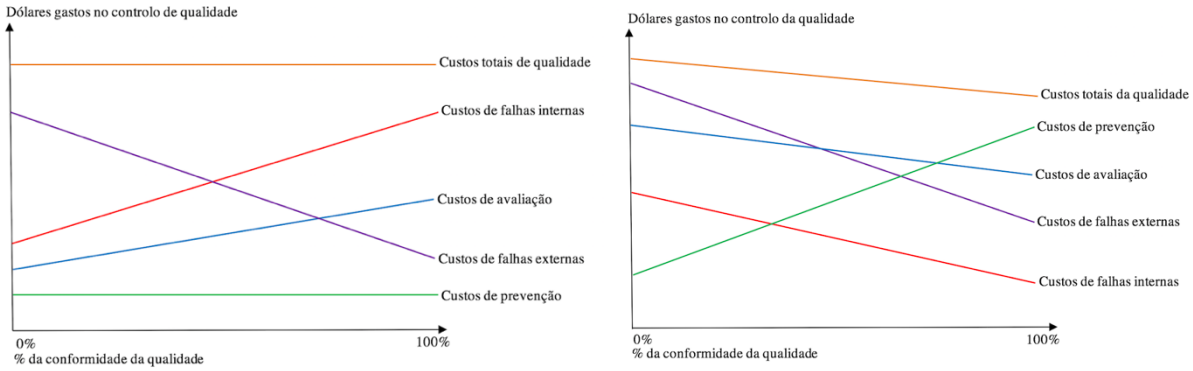


Figura 12: Custos de Prevenção e de Correção em Função dos Custos de Qualidade, adaptado de [24]

Um estudo realizado na Suécia apresenta a distribuição das causas dos custos de *"re-work"* na indústria de construção desse país como é possível observar na Figura 13 [25].

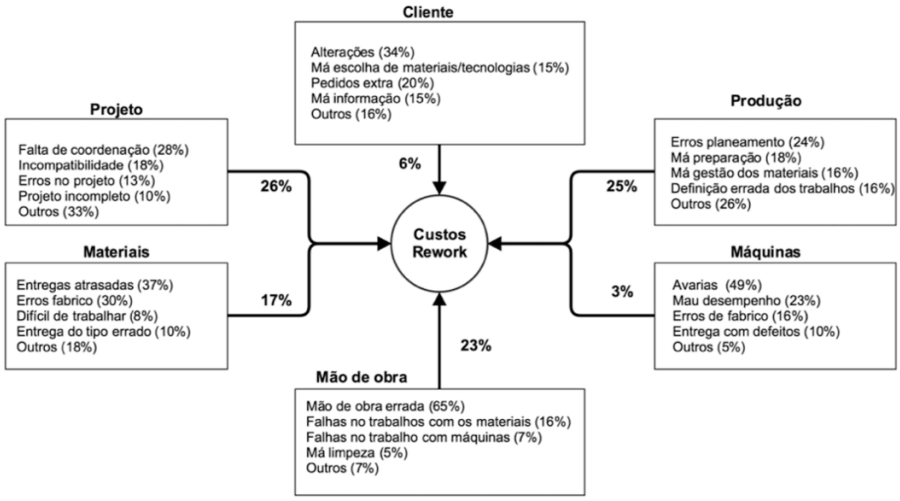


Figura 13: Causas dos Custos *"re-work"* na Suécia [25]

Com base na Figura 13 podemos observar que a maioria dos custos nas correções são atribuídos ao projeto e à execução, sendo que 26% dos erros são concebidos na fase de projeto constituindo uma das etapas fundamentais de uma obra, uma vez que são aqui estabelecidas as soluções que se pretende que sejam materializadas em obra. Esta fase ocupa uma parcela de tempo relativamente pequena com uma percentagem reduzida de investimento no empreendimento (cerca de 10%), justificando assim a percentagem de erros observada [17].

A percentagem mais baixa corresponde a custos provenientes de falhas do cliente e as restantes percentagens comprovam a necessidade de um controlo de qualidade para que seja possível reduzir os erros e defeitos descritos.

2.3.5. FISCALIZAÇÃO

2.3.5.1. Engenharia de Serviços

A fiscalização pode-se enquadrar na engenharia de serviços que se define como o *"conjunto de metodologias destinadas a otimizar a relação entre entidades intervenientes numa prestação de serviços"* [16].

Como já foi referido, num determinado empreendimento, tem-se como entidades intervenientes o DO, empreiteiro, projetista e entidades licenciadoras. Uma vez que todos possuem interesses divergentes, a

fiscalização tem como objetivo aprimorar e facilitar a comunicação e a relação entre estes intervenientes, funcionando como *"o lubrificante num motor"* [16]. A Figura 14 traduz a atuação da fiscalização como engenharia de serviços.

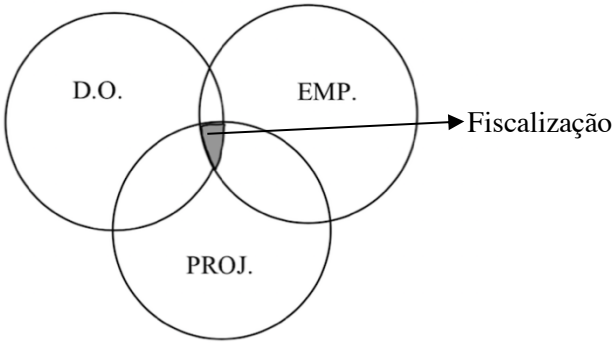


Figura 14: Entidades Intervenientes, adaptado de [16]

2.3.5.2. Atuação da Fiscalização

A fiscalização lida principalmente com o empreendimento em fase de construção, no entanto deve começar a sua intervenção na fase final do projeto, permanecer ao longo de toda a duração da construção e terminar na fase inicial da utilização como se encontra representado na Figura 15.

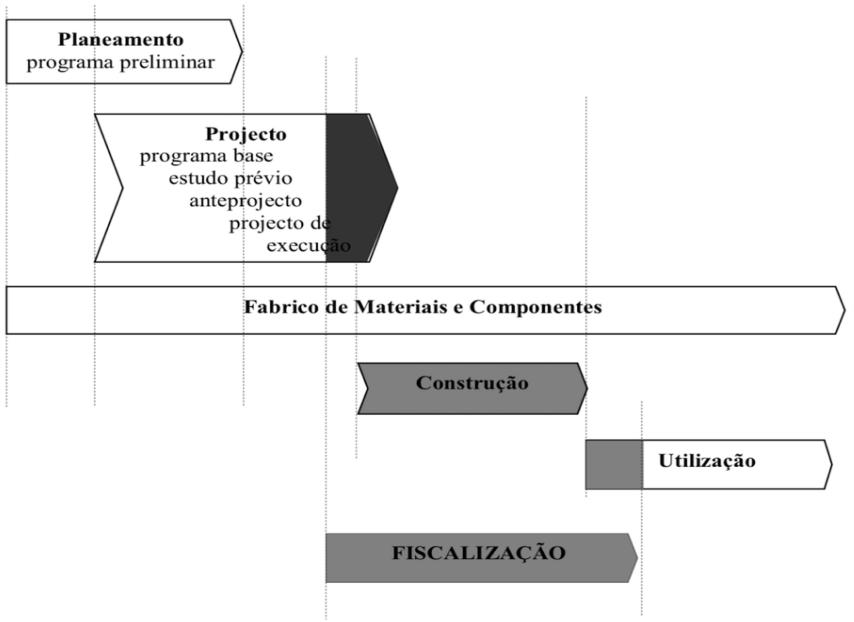


Figura 15: Atuação da Fiscalização [16]

Ao iniciar a sua atividade na fase terminal do projeto, consegue elaborar uma revisão do projeto, na ótica da fiscalização, e implementar mudanças e alterações no mesmo, impedindo ou reduzindo erros, omissões e incompatibilidades, uma vez que a construção ainda não se iniciou. Revela-se muito eficaz realizar um estudo e preparação do projeto com o objetivo de apresentar propostas em concurso, funcionando assim como apoio à fase de procura e seleção e facilitando posteriormente a execução da obra. A presença da fiscalização nesta etapa constitui também um apoio no licenciamento e no diálogo com as entidades licenciadoras.

Ampliando a sua intervenção à fase de garantias entre a receção provisória e definitiva, a fiscalização acompanha o fecho de tarefas pendentes no auto de receção provisória, constitui um apoio às reclamações do utente e um auxílio na utilização do edifício e quando o mesmo é alvo de reclamações, salvaguarda a imagem e intervenção da fiscalização.

2.3.5.3. Áreas Funcionais da Fiscalização

A fiscalização duma empreitada reparte-se por sete áreas funcionais descritas no Quadro 4.

Quadro 4: Áreas Funcionais [16]

Conformidade	Tem como objetivo implementar mecanismos para garantir e promover a conformidade entre o que se encontra no projeto e o executado em obra. É com base nesta área funcional que os serviços de fiscalização devem ser contratados no início da revisão de projeto, a atividade de conformidade possui grande impacto nas fases anteriores à execução. Como procedimentos ao abrigo desta área funcional existem as reuniões de preparação de obra (R-1), rotinas de inspeção dos trabalhos e ensaios de desempenho e receção.
Economia	Atua sobre as questões relacionadas com custos e faturação, integrando também todos os procedimentos de registo e tratamento de informação. É fundamental saber o que foi pago, o que falta pagar, em quanto se prevê exceder o orçamento, o momento em que está tudo saldado. O documento central é o orçamento contratual. Os procedimentos são a conta da empreitada, controlo orçamental, previsão de custos, autos de medição e faturação.
Planeamento	Atua em questões relativas a prazos e resolve um conjunto de procedimentos destinados a conhecer, controlar e prever a evolução da obra. A fiscalização deve

	conhecer em cada momento o estado das tarefas em execução, atrasada, em dia ou avançada, não iniciada, suspensa, executada. O documento central é o plano de trabalhos, normalmente expresso através de um diagrama de *Gantt* ou de um gráfico de barras. Os procedimentos incluem o controlo do plano de trabalhos, balizamentos periódicos, previsão de prazos e multas por atraso.
Informação/Projeto	Conduz e garante o registo de toda a informação relacionada com a obra. Como procedimentos tem-se os arquivos de obra (email, correspondência), arquivos de projeto (contratual e executado), reuniões (obra, projeto, coordenação, preços, prazos) e gestão de assuntos.
Licenciamento/Contrato	Relativa ao cumprimento, condução, registo e implementação de atos administrativos. Os seus procedimentos são o cumprimento de atos de contratação (ver elementos do contrato, assinatura, aditamentos e verificações), de atos de licenciamento (licença de obra, visitas, fiscalização municipal, livro de obra, vistorias, licença de utilização) e de atos legais da empreitada (adjudicação, consignação, autos de multa, autos de suspensão, receção provisória, auto de fecho de contas, receção definitiva).
Segurança e Ambiente	A fiscalização não tem qualquer papel quer na legislação de segurança quer na de ambiente. No entanto, esta área funcional tem a função de motivar e observar a implementação do plano de segurança e de gestão ambiental. Atua através da verificação da contratação da segurança e do ambiente e acompanha a implementação dos respetivos planos.
Qualidade	Esta área envolve todas as restantes uma vez que todas elas contribuem com mecanismos em que o objetivo é assegurar a qualidade. Os seus procedimentos são relativos à qualidade dos serviços de fiscalização e dos trabalhos de obra como plano de inspeção e ensaios, receção de materiais, adequação de mão-de-obra e de equipamentos, aprovação de tecnologias, entre outros.

2.3.5.4. Agentes da Fiscalização

De acordo com a dimensão e as características da obra, a equipa de fiscalização é constituída por mais ou menos elementos. Em muitos empreendimentos as diferentes funções são atribuídas à mesma pessoa, tal só depende da dimensão do empreendimento e das funções estabelecidas contratualmente.

No Quadro 5 encontram-se as possíveis funções dentro de uma equipa de fiscalização.

Quadro 5: Elementos da Equipa de Fiscalização [16]

Diretor/Coordenador	Quem representa e responde pela fiscalização, que define as formas de atuar, promove o controlo interno da equipa e estabelece relações com o DO.
Responsável de Área Funcional	Tem a função de assegurar o desempenho estabelecido contratualmente na respetiva área funcional, entre a fiscalização e o DO.
"Fiscal"	Realiza as tarefas de frente de obra.
Administrativo	Executa as tarefas em gabinete.
Técnico	Responsável por funções especificas como topografia, medições, desenhos, ensaios, entre outras.
"Especialista"	A quem são atribuídas funções de assessoria ao nível das respetivas especialidades, Eletrotecnia, Estruturas, Mecânica, Ventilação, entre outras. Funciona como um projetista dentro da equipa de especialização.

3

CONSTRUÇÃO 4.0

3.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

A primeira revolução da indústria da construção ocorreu entre 1760 e 1840 em Inglaterra com a introdução da energia a vapor, envolvendo o uso de "ferramentas brutas" como pás, escavadeiras e enxadas. Constituiu a transição para novos processos de manufatura e incentivou a substituição do trabalho humano por máquinas ficando relembrada pela mecanização da produção impulsionada pela energia a vapor.

Cativadas pelo desejo e pela construção rápida, ocorreu uma evolução nas indústrias química, elétrica e do aço levando à introdução da energia elétrica que permitiu posteriormente a produção em massa associada às linhas de produção. Assim, entre 1850 e 1870 sucedeu a segunda revolução industrial que veio a terminar durante a segunda guerra mundial entre 1939 e 1945.

Durante a década de 1970 decorreu a terceira revolução industrial associada à automação da produção. O surgimento da tecnologia de informação e a ascensão eletrónica associadas à inovação da tecnologia analógica e aos dispositivos eletrónicos e mecânicos constituíram a penúltima revolução.

Atualmente presencia-se a quarta revolução onde surgiu o conceito de Construção 4.0. Através das técnicas digitais e da digitalização de processos, aumentou-se o grau de competitividade, de produtividade, de redução de custos e de prazos, e consequentemente progrediu-se para atingir a qualidade desejada. Com a evolução da tecnologia, especificamente, ao nível da *internet*, *softwares* e máquinas, os sistemas conseguem comunicar em tempo real eliminando qualquer barreira de tempo e espaço.

O uso das TIC móveis constitui um dos principais benefícios da Indústria 4.0. A produtividade da construção pode ser assim aumentada devido à melhoria da comunicação e à melhor gestão da informação.

Na Figura 16 encontra-se um esquema da indústria 4.0 onde é visível a evolução tecnológica e o consequente aumento da complexidade que implementam diversos benefícios e novos conceitos.

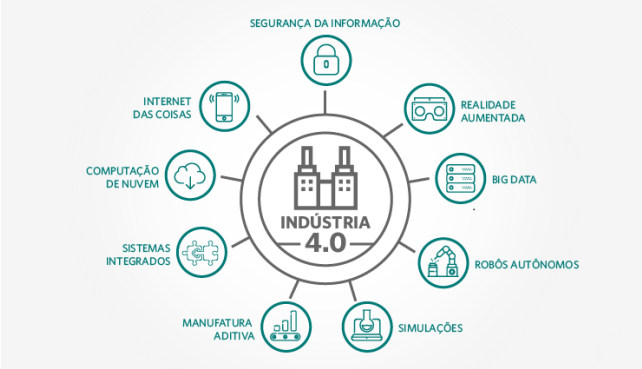


Figura 16: Indústria 4.0 [34]

3.2. CONCEITOS ASSOCIADOS

Oesterreich e *Teuteberg* identificaram e agruparam em três conjuntos os principais conceitos chave da Indústria 4.0 [14].

3.2.1. ESTALEIRO DE OBRA INTELIGENTE

3.2.1.1. Automação

É o conjunto de técnicas que facilitam os processos e a execução de tarefas, tornando-as mais econômicas, ágeis e padronizadas, substituindo a mão de obra humana por sistemas informáticos, relativamente ao procedimento de execução, mas permanecendo como resposta à necessidade de supervisão.

3.2.1.2. Sistema *Ciber* Físicos (CPS)

Diretamente relacionados com a automação, os Sistemas *Ciber* Físicos (CPS) surgiram de uma união das plataformas de IoT com a eletrônica, computação e processos físicos, passando a concentrar-se na integração e no controle de sistemas e em como entregar o resultado final para o usuário utilizando plataformas. Trata-se de um sistema que integra elementos computacionais com elementos físicos (como sensores) e processos. Como resultados tem-se a produção e processamento mais rápido a preços mais competitivos.

Na Figura 17 é possível observar um robô autónomo que tem a capacidade de realizar tarefas sem necessitar de intervenção humana para as executar. Esta agilidade e independência é possível através da programação e de *inputs* com a informação do trabalho a realizar.



Figura 17: CPS – Robô Autónomo [35]

3.2.1.3. Identificação por Radiofrequência (RFID)

O estudo realizado no artigo [2] refere que um estaleiro de obras funcional é constituído por sensores que funcionem como leitores de radiofrequência para controlar as obras. Esta funcionalidade fornece oportunidades como o rastreamento de equipamentos, gestão de *stock*, prevenção de furto, entre outras. *Sardroud* sugeriu que o uso de RFID é capaz de garantir melhor segurança e melhor manutenção do local através do envio de dados de desempenho de máquinas e equipamentos para os engenheiros de forma automática [2].

RFID foi utilizado pela primeira vez para controlar e rastrear objetos. É um sistema constituído por três componentes, etiqueta (*Tag*), leitor e o sistema *back-end,* constituído por Infraestrutura TI e Integração, como se pode observar na Figura 18. A etiqueta é normalmente colocada no objeto alvo e envia informação sobre o objeto ao leitor, que por sua vez a transfere para o sistema de *back-end*. Para além da melhoria da segurança, *Zhou* referiu que contribui para a qualidade de construção uma vez que fornece informação de gestão sobre os materiais [2].

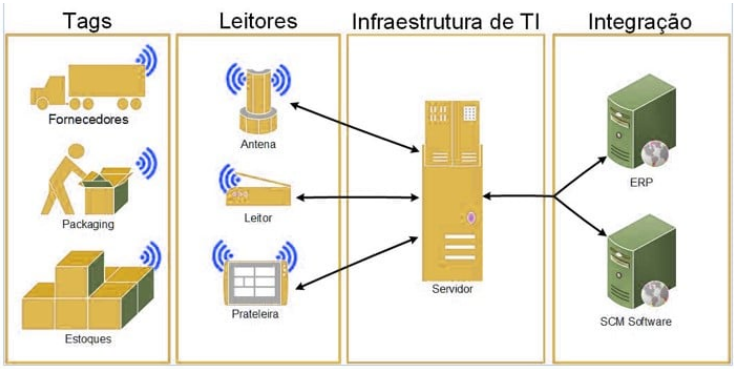


Figura 18: Funcionamento de RFID [36]

3.2.1.4. Internet das Coisas (IoT)

Num estaleiro de obra inteligente e funcional é imprescindível a utilização da IoT. *Abawajy* descreveu a IoT como a *internet* de tudo o que permite a conexão do ser humano com a *internet* [2]. *Zhou* indicou que o uso da IoT cria uma gestão inteligente que ocorre quando há uma passagem direta da informação entre partes interessadas da construção que permite que cada profissional tenha acesso e possua controlo de mudanças ocorridas no local estando presente ou não [2]. Permite o controlo remoto da robótica e dos *drones* no local, a sincronização perfeita de dados e a comunicação entre máquinas. Pode ser descrita como uma rede global onde as máquinas podem comunicar entre si para compartilhar informações para atingir um objetivo comum. Com ao aumento da velocidade de dados de redes sem fio e a diminuição do congestionamento em redes de *internet*, a capacidade de IoT foi melhorada para processar dados em tempo real. Na Figura 19 encontra-se uma imagem representativa deste conceito.



Figura 19: IoT- *Internet* das Coisas [37]

3.2.1.5. Pré-Fabricação / Modelação

A definição de construção pré-fabricada ainda não está completamente definida. Recorrendo ao Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, pode obter-se a seguinte definição "*Sistema de construção de um conjunto (casa, navio, etc.) com elementos estandardizados, fabricados antecipadamente e reunidos segundo um plano preestabelecido"* [34]. Trata-se então, de um sistema em que os elementos construtivos, estruturais e outros são produzidos fora do local de implantação definitivo e posteriormente são montados e ligados em obra. Na Figura 20 é observável um exemplo desta técnica de construção.



Figura 20: Exemplo de Pré-Fabricação [38]

O conceito de modelo refere-se a uma grandeza base que serve como referência para definir as dimensões dos componentes e os elementos necessários à construção. Como consequência surge a modelação que é uma técnica de coordenação das dimensões dos elementos de uma determinada obra.

A produção em fábrica e a modelação permitem implementar processos produtivos mais eficientes, eliminar erros, tirar partido da repetição de tarefas e usufruir de um controlo de qualidade mais rigoroso.

3.2.1.6. Robótica

Os dispositivos de robótica mais comuns utilizados em construção são os *drones*. Estes permitem a recolha de dados do projeto, em tempo real, para fornecer atividade efetiva no local. As tecnologias digitais avançadas incluem o uso de *drones* para pesquisa e inspeção do estaleiro de obra permitindo uma visão mais global e abrangente do empreendimento. Têm ainda a vantagem de agilizar a observação e a visualização do estaleiro e do edifício de diversos ângulos, como é observável na Figura 21.



Figura 21: *Drone* em Construção Civil [39]

3.2.1.7. Tecnologia de Digitalização a Laser (LiDAR)

Os sistemas de Tecnologia de Digitalização a Laser (LiDAR) são utilizados para acompanhar o progresso do trabalho estrutural e a qualidade. Extremamente úteis na área onde a topografia ou as informações relativas ao espaço são recolhidas em objetos presentes no local na forma de nuvens de pontos, como se pode visualizar na Figura 22. Constituiu uma mais valia uma vez que transmite informação sobre a evolução da construção e captura um registo detalhado do processo de construção que pode ser consultado posteriormente.



Figura 22: LiDAR – Tecnologia de Digitalização a Laser [40]

3.2.2. SIMULAÇÃO E MODELAGEM

3.2.2.1. Modelação da Informação na Construção (BIM)

Outra ferramenta muito utilizada é o BIM. Tem a capacidade de realizar uma simulação com base nas informações técnicas de um projeto de construção. É útil relativamente à estimativa de custos, *stock* dos materiais e de planeamento e consequente prazo de conclusão da obra. Adicionando outras ferramentas de Construção 4.0, como o armazenamento em nuvem para oferecer um acesso a todos os membros da equipa, o BIM torna-se uma das ferramentas mais poderosas e essenciais. Permite uma visão dos componentes, forma e custo esperados, estabelece o planeamento e mitigação de riscos, oferece funções de planeamento mais próximo do real permitindo uma visualização ao longo do tempo de um modelo digital e dos custos esperados.

O BIM pode ajudar os utilizadores a partilhar informação do projeto ao longo de todo o ciclo de vida da construção, da equipa de projeto à equipa de construção e ao proprietário, permitindo que cada parte interessada tenha acesso. Combinado com a RA e a RV, que permitem a projeção de elementos em três dimensões, reduzem desperdício e contribuem para uma gestão sustentável.

Na Figura 23 encontra-se representada a estrutura de um edifício recorrendo às capacidades do BIM.



Figura 23: BIM - Modelação da Informação na Construção [41]

3.2.2.2. Impressão 3D

Existem diversas ferramentas que permitem a conexão entre pessoas e objetos. A impressão 3D garante a criação de um modelo físico a partir de um modelo ou desenho 3D, aplicados em componentes de grande escala. As impressoras 3D são utilizadas para criar modelos digitais de edifícios. Atualmente já existem estudos relativos ao 4D, isto é, impressão que irá reproduzir materiais que podem responder ao seu ambiente. Apesar de ainda não estar muito desenvolvido, é inquestionável que será uma resposta futura para elementos construtivos e muitas outras componentes utilizadas na construção. Pode-se assim afirmar que o crescimento da Indústria 4.0 é ilimitado.

Na Bélgica, a maior impressora 3D da Europa, observável na Figura 24, foi utilizada para imprimir uma casa completa. Esta casa é constituída por dois pisos, tornando este projeto um dos mais ambiciosos e desejados ao nível da Impressão 3D.

Emiel Ascione, gestor do projeto na *Kamp C*, referiu que *"Imprimir este edifício é sobretudo uma afirmação. Mostra à indústria da construção a acessibilidade e o potencial desta técnica. Os benefícios do fabrico de aditivos já estão a dar frutos numa vasta gama de outras indústrias"* [30].



Figura 24: Maior Impressora 3D da Europa [30]

3.2.3. DIGITALIZAÇÃO

3.2.3.1. Computação em Nuvem

Trata-se do uso de servidores remotos na *internet* para armazenar dados. Esta funcionalidade tem a vantagem de acesso direto a aplicações e serviços em qualquer lugar, proporcionando maior eficiência, agilidade, aumento de produtividade e redução de risco por perda de dados. Este processo de digitalização é usado no *software* de apoio na elaboração da presente dissertação, permitindo que todos os elementos da equipa acedam à informação armazenada. Na Figura 25 encontra-se uma imagem representativa deste conceito.



Figura 25: Computação em Nuvem [42]

3.2.3.2. Big-Data

O surgimento da IoT e as diversas formas de partilha de informação aumentaram de forma exponencial a quantidade de dados existentes. *Big-Data* é uma ferramenta que permite, em tempo real e a velocidade considerável, o tratamento, análise e obtenção de informações provenientes de um conjunto de dados complexo e de grande volume, facilitando o acesso de todos os interessados.

Na indústria da construção está várias vezes associado à utilização de sensores, permitindo reunir informações como humidade, temperatura, quantidade, espessuras e muitas outras informações. A Figura 26 constitui uma imagem elucidativa do conceito de *Big-Data*.



Figura 26: *Big-Data* [43]

3.2.3.3. Dispositivos Móveis

O uso de dispositivos móveis é uma solução viável para gerir defeitos de construção. *Oesterreich* e *Teuteberg* identificaram o telemóvel como uma das *"dez principais tecnologias da Indústria 4.0 que melhora os processos da construção"* [7]. Todos os sistemas tecnológicos que apoiem a computação móvel, portabilidade, mobilidade e fácil acesso constituem desafios interessantes.

Outro ponto importante é a organização da informação em estaleiro de obra. A vantagem associada é a diminuição do tempo de conclusão de tarefas, uma vez que a tomada de decisão é mais rápida. Esta

rapidez deve-se ao facto de que tudo se encontra mais estruturado e com a utilização de dispositivos móveis a distância deixa de ter influência, o que diminuiu o tempo de decisão [7].

Estes dispositivos constituem uma oportunidade de mudança na indústria da construção. Um dos trabalhos de *Bowden* baseia-se na ideia de que o uso da tecnologia móvel resultará numa série de benefícios, sendo um deles a redução de defeitos observáveis [5]. Esta "nova aposta" tecnológica permite uma sinalização e retificação mais prática de erros de projeto, facilita a elaboração de relatórios tornando-os mais ricos e oferece dados de inspeção facilmente compilados.

Como irá ser descrito no subcapítulo referente ao *software* aplicado nesta dissertação, a sua versatilidade para dispositivos móveis foi um dos fatores mais relevantes no processo de escolha do mesmo. A Figura 27 ilustra um dispositivo móvel de frequente utilização.



Figura 27: Exemplo de um Dispositivo Móvel [44]

3.2.3.4. Síntese

É importante referir que nem todos os conceitos mencionados neste subcapítulo foram observados e analisados no presente caso de estudo. Os utilizados foram os aspetos de digitalização, nomeadamente a computação em nuvem e a utilização de dispositivos móveis, como será percetível através da leitura do capítulo cinco.

3.3. BENEFÍCIOS INERENTES À CONSTRUÇÃO 4.0

Utilizadas desde 1980, as TIC, têm sido uma ajuda fundamental na resolução de problemas [8]. A tecnologia usada em fase de execução do projeto proporciona uma melhor e mais prática organização, produção, controle e planeamento enquanto que em fase de serviço, no estaleiro de obra, é mais utilizada para manutenção, inspeções, deteção de falhas e monitoramento das tarefas.

Muitos investigadores afirmam que as TIC melhoram a gestão da informação do local e o desempenho geral dos projetos de construção, fornecem maior flexibilidade na comunicação e maior facilidade na

transferência de dados. Possibilitam um acesso ilimitado à informação e uma utilização entre diferentes equipamentos à distância através de áudios ou videochamadas [7].

Cada vez mais, as tecnologias surgem também como uma forma de combater fraudes uma vez que fica tudo registado e que todos os intervenientes têm acesso. Se cada participante tiver o mesmo acesso aos documentos, a informação circula de forma direta e melhorada, os erros e falhas serão em número reduzido e o armazenamento de dados será melhor. Isto levará ao cumprimento de prazos e a uma redução de custos, dois fatores que constituem objetivos cruciais numa obra.

As TIC abordam inúmeras questões relacionadas com a gestão de operações como por exemplo, processos complicados, grande quantidade de informações e participantes dispersos. *Fulk* argumentou que as TIC fornecem vantagens em termos de conectividade, superando barreiras de tempo e espaço [8]. Oferecem também interações frequentes dentro e entre organizações. Essas interações, entre diferentes organizações, são frequentes e podem ajudar a fortalecer a compreensão, a confiança e a criação e adoção de uma visão comum.

Uma segurança e qualidade integradas são significativas na redução de ocorrência de lesões e fatalidades e facilitam o preenchimento do cronograma [6]. Uma gestão e comunicação eficazes e um controlo durante a fase de construção são fatores subjacentes a um clima seguro e qualitativo na construção.

As vantagens das TIC incluem assim acesso mais rápido aos dados do projeto, documentos de alta qualidade, tomada de decisão mais rápida. Oferecem oportunidades para alcançar inovação nos negócios por meio de comunicação e colaboração eficientes, assim como uma prática eficaz de gestão de construção. Promovem alternativas de inovação de organização e gestão em projetos e funcionam como suporte de comunicação e colaboração e compartilhamento rápido e completo de informações em grupos de usuários em todo o espaço e tempo. As pessoas não precisam de reunir para compartilhar conhecimento, a comunicação é fácil e o conhecimento coletivo pode ser armazenado em formatos práticos.

3.4. CASO DE ESTUDO DA ATUAÇÃO DA CONSTRUÇÃO 4.0 NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

No artigo científico "*Empirical Study on Implications of Mobile ICT Use for Construction Project Management*" [7] foi realizado um estudo que tem como objetivo investigar as principais consequências da Construção 4.0 em projetos de construção. Trata-se de uma análise a profissionais de indústria de construção da Austrália que referiram alguns pontos como consequências (vantagens e desvantagens) do uso de tecnologias: melhoria na comunicação e relacionamento de trabalho, melhor gestão da informação no local, melhor gestão de defeitos de construção e facilidade no planeamento dos trabalhos.

Inicialmente, o questionário foi testado com seis profissionais de construção que tinham em média oito anos de experiência no uso de diferentes técnicas de digitalização em projetos de construção.

Numa fase final, como recomendado por *Saris* e *Gallhofer*, o questionário foi testado novamente a quatro profissionais experientes com o objetivo de ficar completo e percetível. Por fim, a pesquisa foi aplicada a 300 profissionais de 86 médias e grandes empresas de construção da Austrália.

As conclusões foram retiradas através de um índice de importância relativa (*RII*), como se pode observar no Quadro 6, em que o maior índice corresponde à consequência mais crítica.

Quadro 6: Classificação das consequências associadas à Construção 4.0, adaptado de [7]

	Consequência	RII
1	Acesso instantâneo à informação	0,877
2	Acesso a dados meteorológicos (por exemplo, chuva e temperatura)	0,859
3	Acessibilidade instantânea dos membros da equipa	0,857
4	Melhor comunicação entre as equipas de projeto	0,836
5	Capacidade de obtenção de mais dados	0,832
6	Maior flexibilidade de trabalho	0,826
7	Fluxo instantâneo de informação	0,818
8	Tentação de verificar com frequência	0,808
9	Melhor gestão de defeitos	0,806
10	Relatórios instantâneos de inspeção	0,804
11	Troca simplificada de informações	0,798
12	Melhoria na execução dos relatórios	0,794
13	Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto	0,784
14	Processo de tomada de decisão mais rápido	0,758
15	Melhor resposta às disposições contratuais	0,743

16	Esclarecimento/correção instantânea de desenhos	0,725
17	Comunicação irrelevante/desnecessária	0,721
18	Distração	0,711
19	Menos documentos em papel	0,711
20	Uso pessoal de redes sociais/*internet*	0,697
21	Maior velocidade de construção	0,695
22	Melhor relacionamento no trabalho entre equipas	0,695
23	Poupança de custos	0,673
24	Melhor gestão de materiais	0,671
25	Alterações frequentes nos desenhos	0,659
26	Reduzida produção de resíduos	0,650
27	Redução dos erros de construção	0,644
28	Menos tempo de resposta às mudanças	0,638
29	Aumento de frustração	0,592
30	Atos/comportamentos inseguros	0,578
31	Maior complexidade do trabalho	0,495

Como consequências mais significativas observa-se:

1. acesso instantâneo à informação;
2. acesso aos dados meteorológicos;
3. acessibilidade instantânea dos membros da equipa;
4. melhor comunicação entre os elementos da equipa;
5. capacidade de capturar mais dados.

O facto destas cinco consequências serem positivas significa que a Construção 4.0, associada à utilização das TIC, constitui fatores positivos no Controlo da Qualidade.

As alterações num desenho podem ser facilmente comunicadas e o acesso à informação é imediato, independentemente do local onde se encontram. Da mesma forma, o acesso a dados meteorológicos é uma vantagem no planeamento das atividades e ajuda a reduzir a duração da obra ou o impacto de interrupções causadas por condições climáticas adversas.

3.5. *PLANRADAR – SOFTWARE* COLABORATIVO UTILIZADO

3.5.1. ESCOLHA DO *SOFTWARE*

Numa pesquisa inicial foram selecionados treze *softwares* de controlo de qualidade que seriam possíveis candidatos à utilização na presente dissertação constituindo um processo de digitalização de informação e auxílio.

1. *PlanRadar*;
2. *Construct In*;
3. *Construpoint*;
4. *Construct*;
5. *PHC CS*;
6. VejaObra;
7. Mobuss Construção;
8. *Stant*;
9. *Safesite*;
10. *Fieldwire*;
11. *Raken*;
12. *Timeline*;
13. SICCO.

Todos estes programas são um complemento vantajoso para aplicação ao longo de todo o desenvolvimento de um projeto. Com o uso de *softwares*, o armazenamento em nuvem facilita o acesso e a atualização permanente de documentos por vários utilizadores simultaneamente. *Bowden* afirma que a transferência eficiente da informação entre os elementos pode reduzir os custos de construção até 25% [7].

A seleção do programa foi realizada com base na análise das versões *demo* disponíveis dos *softwares* mencionados e nas respetivas funcionalidades, nas características descritas no *site* de cada um, no *feedback online* disponível, na experiência de empresas e de colegas familiarizados com os mesmos e na utilidade para o controlo da qualidade da construção pretendido.

3.5.2. APRESENTAÇÃO DO *PLANRADAR*

O *software* selecionado foi o *PlanRadar* (Figura 28), que se destacou pela forma rápida de resposta aos problemas, utilização para trabalho diário e pela vantagem de ser usado em *tablets* e telemóveis oferecendo uma capacidade de mobilidade que permite que cada trabalhador, em cada local, possa aceder no momento e em tempo real a qualquer informação. Assim conclui-se que, tal como *Hasna* argumenta, uma das consequências do uso da tecnologia móvel é o aumento da produtividade [5].

Figura 28: Logótipo *PlanRadar* [31]

Este programa está avaliado como uma das melhores *apps* de construção [31]. Ajuda a detetar erros e recuperar tarefas de qualquer lugar, permitindo uma comunicação mais fácil. Permite a partilha de fotografias, textos e mensagens de voz com informação para outros elementos, constituindo umas das técnicas mais promissoras uma vez que é uma forma rápida e uma maneira mais consistente de obter informação mais detalhada do que a análise visual manual.

Autoriza a inserção de plantas da obra em causa, concedendo a associação de informação como erros e dados em falta, ao local exato. Tem também a capacidade de funcionar sem ligação à *internet* destacando-se em relação a outros *softwares*.

Na Figura 29 está representado um fluxograma explicativo dos módulos do programa que serão abordados em seguida.

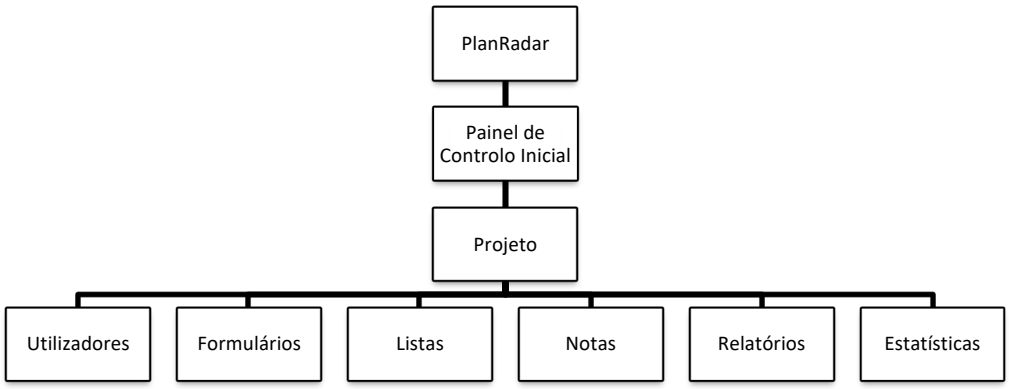


Figura 29: Fluxograma *PlanRadar*

3.5.2.1. Painel de Controlo Inicial

Após o início de sessão na conta do *software*, o painel de controlo inicial é o que se encontra na Figura 30. Este painel permite ter uma perceção relativamente ao estado de todos os projetos inseridos no programa, assim como o número de notas em cada estado. Toda esta informação é transmitida através de cores, facilitando a visualização da mesma. Indica-nos ainda a quantidade de notas que já se encontram vencidas, sendo que antes de ser ultrapassada a data de vencimento, é enviado um *email* com a informação de que a respetiva tarefa a que se encontra associada a nota está próxima da data de finalização.

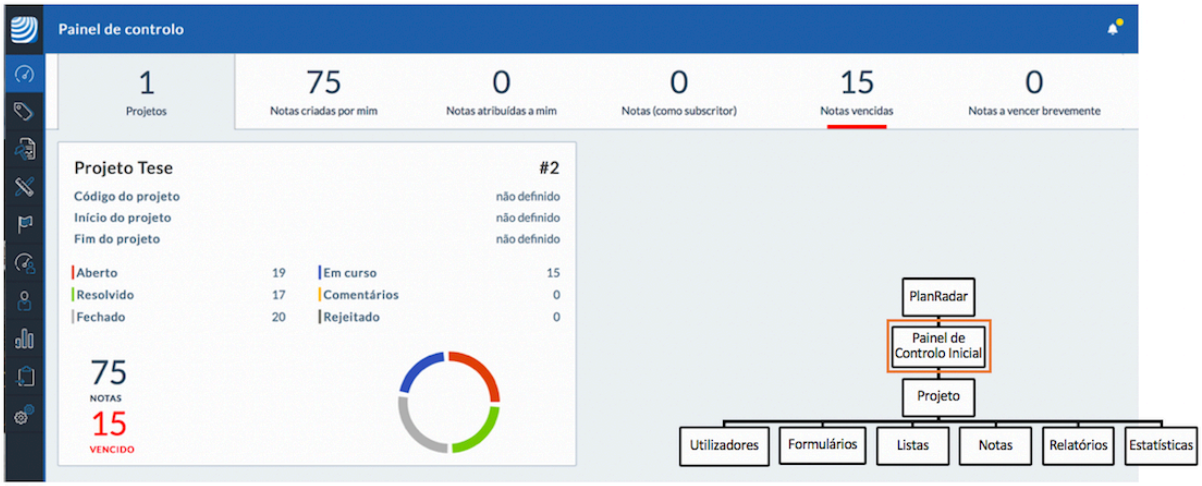


Figura 30: Painel de Controlo Inicial [31]

3.5.2.2. Projeto

O *PlanRadar* permite um número ilimitado de projetos. Todos os projetos que se encontram a decorrer ou já terminados são guardados na *cloud* permitindo o acesso a toda a informação em qualquer momento.

Na Figura 31 é observável a criação do projeto utilizado no desenvolvimento da presente dissertação, Projeto Tese.

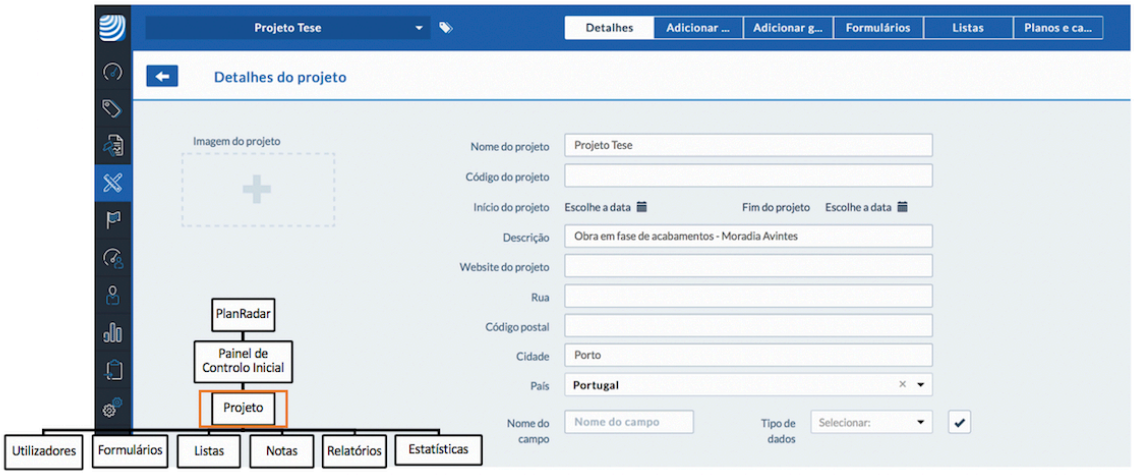


Figura 31: Projeto Tese [31]

Os detalhes do projeto são compostos pelo nome do mesmo, o código, as datas de início e de fim, uma pequena descrição, *website* (caso tenha) e dados relativos à localização da obra. Todos estes campos são opcionais com exceção do nome do projeto que constitui um campo obrigatório. É ainda possível a importação de uma imagem de projeto que posteriormente aparecerá na capa do relatório.

Em cada projeto é permitido adicionar os diversos intervenientes ou grupos de utilizadores de cada empreendimento. É possível a criação de formulários e listas com informação como será descrito em seguida. As camadas presentes no último separador da Figura 31, permitem uma melhor estruturação e organização do projeto possibilitando a associação de plantas da habitação (planos) para posterior atribuição de notas. Estas plantas têm de estar convertidas em formato *PDF* ou em BIM.

Uma vez que o plano utilizado foi o *Basic*, só foi possível a importação de dez plantas em *PDF* pois o formato BIM não se encontra ativado para o plano de utilização selecionado.

Na Figura 32, encontra-se uma imagem do separador do projeto onde é possível ativar a definição para que os documentos e informações relativas ao projeto sejam sincronizados para os dispositivos móveis dos respetivos utilizadores.



Figura 32: Sincronização para Dispositivos Móveis [31]

Na Figura 33 encontra-se a organização das "camadas" do Projeto Tese. Existem duas camadas principais, uma para o interior da habitação, com três pastas relativas a cada piso, e outra referente ao exterior da habitação.

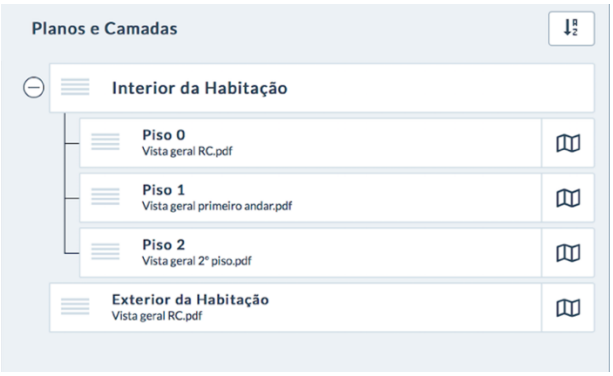


Figura 33: Planos e Camadas do Projeto Tese [31]

Caso seja necessária uma atualização de plantas, quando as duas forem comparadas, aparecerá uma mensagem de validação relativa à posição dos alfinetes de notas como se pode observar na Figura 34. Caso se mantenha o posicionamento, a informação será diretamente transferida para a planta mais recente. A planta mais antiga não será eliminada, ficará guardada na *cloud* caso seja necessária a sua consulta posteriormente.



Figura 34: Atualização de Plantas [31]

3.5.2.3. Gestão de Utilizadores

O *software* permite três tipos de utilizadores:

1. Utilizador Interno: tem acesso a qualquer tipo de documento, relatórios, projetos, formulários, listas, estatísticas de utilização, permitindo a sua edição, alteração ou eliminação;
2. Subcontratado: pode editar o estado e progresso nas notas existentes, pode adicionar fotos e documentos e inserir comentários, no entanto, não tem acesso às funcionalidades de criação e eliminação de notas e relatórios;
3. Observador: visualiza tudo, mas não lhe é permitido fazer alterações de nenhum documento ou nota.

Durante a realização desta dissertação, o plano utilizado foi o *Basic* em que é possível a existência de apenas um utilizador e de um número ilimitado de subcontratados e observadores.

Na Figura 35 está representada a vista geral do menu de utilizadores do projeto em estudo. É neste menu que é possível criar ou convidar utilizadores através do *email*, sendo lhes atribuído um dos três tipos de utilizadores permitidos e o projeto em que intervirá. É ainda possível a criação de grupos com estes mesmos utilizadores, integrando toda a equipa interveniente.

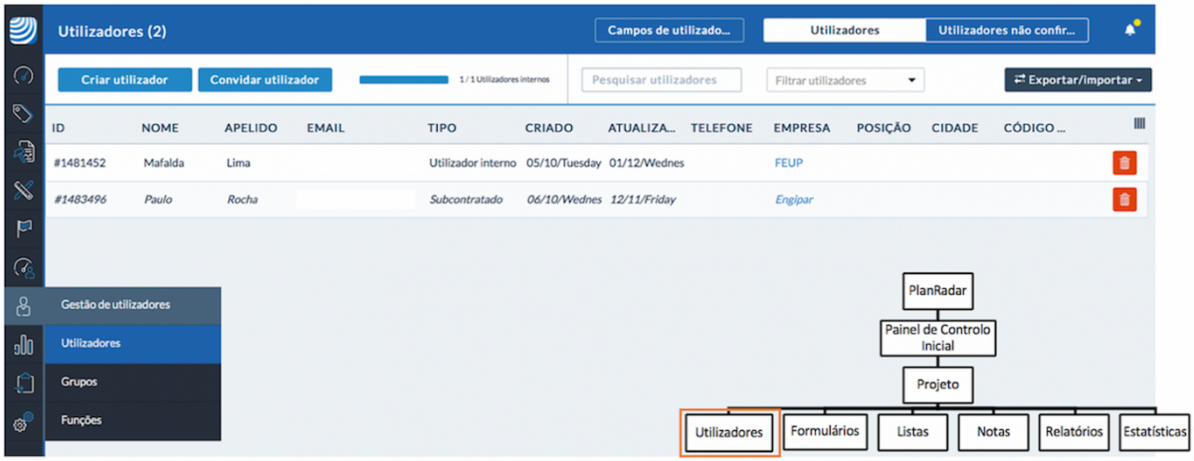


Figura 35: Menu de Utilizadores [31]

3.5.2.4. Formulários

Os formulários constituem o elemento base deste *software* e de todo o trabalho realizado. É de salientar que os formulários são aplicados com diversas finalidades. Nesta dissertação foram elaborados formulários referentes a Fichas de Controlo de Conformidade (FCC), Fichas de Receção, Fichas de Controlo e Correção de Não Conformidade, Gestão de Assuntos, Ensaios e Testes e Patologias. Para

iniciar a construção de um formulário basta clicar no campo desejado, sendo possível organizá-los pela ordem pretendida.

Tal como é observável na Figura 36, os formulários são constituídos por dois tipos de campos, os estáticos e os dinâmicos. Os campos dinâmicos são aqueles aos quais é necessário atribuir uma designação e esta pode ser alterada sempre que desejado. Estes campos podem ser adicionados quantas vezes for necessário enquanto que os campos estáticos não. Os campos estáticos já se encontram sugeridos pelo programa, não sendo possível fazer nenhuma alteração.

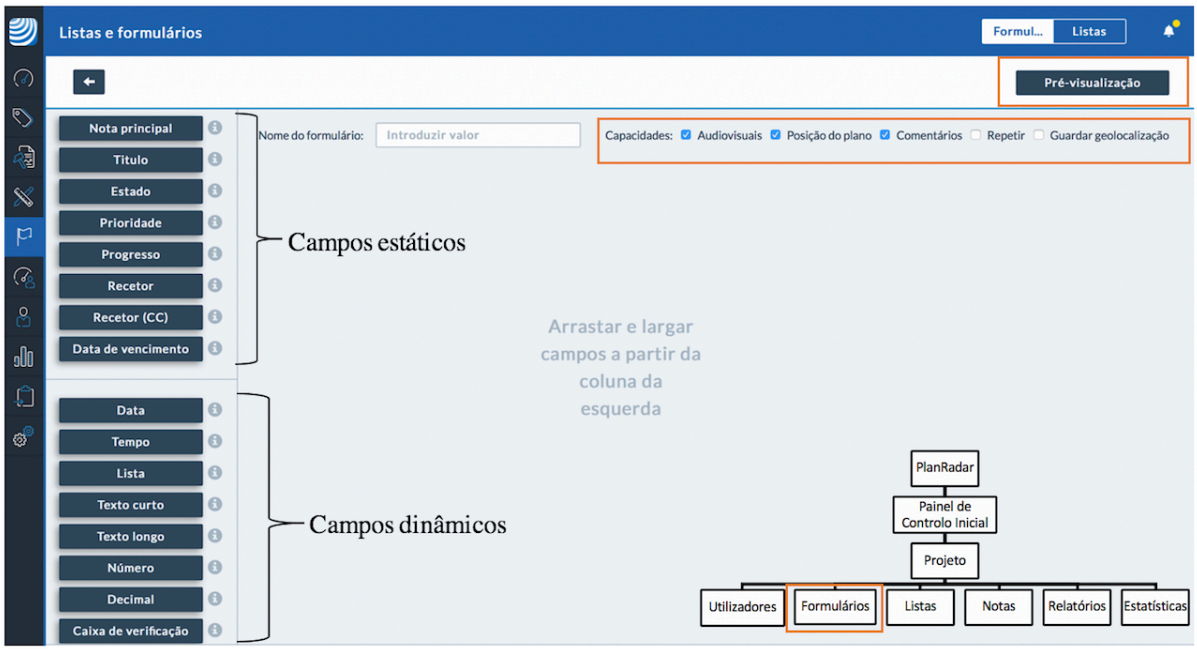


Figura 36: Campos para Criação de um Formulário [31]

Como campos estáticos temos:

- Nota Principal – este campo permite associar o formulário em que está a ser aplicado a outro formulário, permitindo um encadeamento e uma melhor organização;
- Título – atribuição do título do formulário;
- Estado – indica o estado em que o conteúdo descrito no formulário se encontra (aberto, em curso, rejeitado, resolvido, fechado ou a aguardar comentários);
- Prioridade – indica a prioridade (alta, normal, baixa);
- Progresso – constituído por uma barra onde é possível, através de um cursor, identificar a taxa de progresso, em percentagem;
- Recetor e Recetor (CC) – permitem associar a um utilizador;
- Data de vencimento – indica o dia em que a tarefa descrita no formulário deverá estar terminada. Este campo é o único que possui uma caixa de extensão que permite adiar a data.

Os campos dinâmicos são:

- Data – permite a atribuição de uma data inicial, por exemplo;
- Tempo – possibilita a introdução de uma hora;
- Lista – irá ser descrito no próximo subcapítulo. Trata-se da atribuição de um conceito ao campo descrito no formulário;
- Texto curto e Texto longo – é nestes campos que é possível escrever algo, quer seja mais sucinto ou mais completo, respetivamente;
- Número e Decimal – permitem a introdução de números inteiros e decimais, respetivamente;
- Caixa de verificação – possibilita a verificação com uma marca de seleção de algum tópico introduzido no formulário;
- Separador – permite a separação de assuntos, temas ou conceitos dentro do mesmo formulário. Funciona como uma espécie de separador em subcapítulos.

Utilizando a opção de "Pré-visualização" no canto superior direito da Figura 36, verifica-se a estrutura do formulário em criação. Tendo selecionado as funções assinaladas na parte superior do menu de criação do formulário, destacadas também na Figura 36, é possível inserir audiovisuais, associar uma posição na planta, inserir comentários, repetir e guardar a geolocalização.

No Quadro 7 encontram-se descritos os ícones que aparecem na lista global de formulários criada, observável na Figura 37.

Quadro 7: Ícones de Formulários e Listas [31]

Ícones	Funcionalidade
	Ícone de cópia. Cria um formulário igual ao existente.
	Ícone em que temos de clicar se pretendemos editar, aceder às configurações ou fazer alterações no formulário.
	Quando pretendemos eliminar o formulário.



Figura 37: Parte da Lista Global de Formulários Criada [31]

Para adicionar um formulário criado ao projeto basta clicar no ícone "+" verde visível na Figura 38, que aparecerá no menu do projeto no setor relativo aos formulários.



Figura 38: Associação de Formulários ao Projeto [31]

3.5.2.5. Listas

O campo dinâmico "Lista" do formulário necessita de estar associado a uma lista de conceitos para que posteriormente seja possível preencher os tópicos descritos com esta funcionalidade. Na Figura 39 encontra-se uma imagem do menu de criação de uma lista utilizada no Projeto Tese para preenchimento das tarefas descritas nas FCC elaboradas.

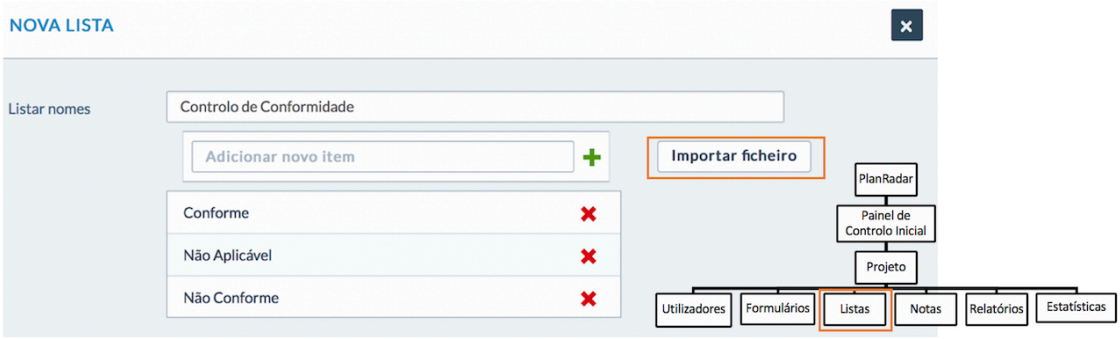


Figura 39: Lista – Controlo de Conformidade [31]

Na criação de uma lista é necessário atribuir um título à mesma e posteriormente adicionar os conceitos. É permitida a importação de um ficheiro *Excel* com todos os itens que se pretendem que constituam a lista através da opção "Importar ficheiro". Esta função simplifica a entrada de dados principalmente se a lista for extensa. As listas em *Excel* utilizadas no caso de estudo estão disponíveis em anexo:

- Lista de Carpintarias – Anexo A7;
- Lista de Equipamentos – Anexo A8;
- Lista de Fichas – Anexo A9;
- Lista de Locais – Anexo A10;
- Lista de Mão de Obra – Anexo A11.

Os ícones presentes no Quadro 7 também se aplicam às listas, com as mesmas funcionalidades.

3.5.2.6. Notas

As notas constituem a funcionalidade de importação de informação mais prática de utilizar em dispositivos móveis. Sempre associadas a formulários, as notas podem ou não ser assinaladas no local respetivo na planta como se encontra rodeado na Figura 40.

O modo de visualização das notas pode ser feito através do plano, de listas ou de documentos, como está assinalado no canto superior esquerdo da Figura 40. Na figura encontra-se ativado o modo de visualização através do plano, uma vez que é mais prática a observação direta dos locais respetivos de cada nota. No modo de listas as notas apareciam organizadas em lista e em modo documentos apareceriam os documentos *PDF* associados a cada nota. Caso a nota não possua documentos, ou marcador em planta, não aparecerá nestes modos de visualização.

No lado esquerdo da Figura 40 encontram-se as notas em detalhe com o respetivo assunto e constituição e com diferentes cores de acordo com o estado em que se encontram.

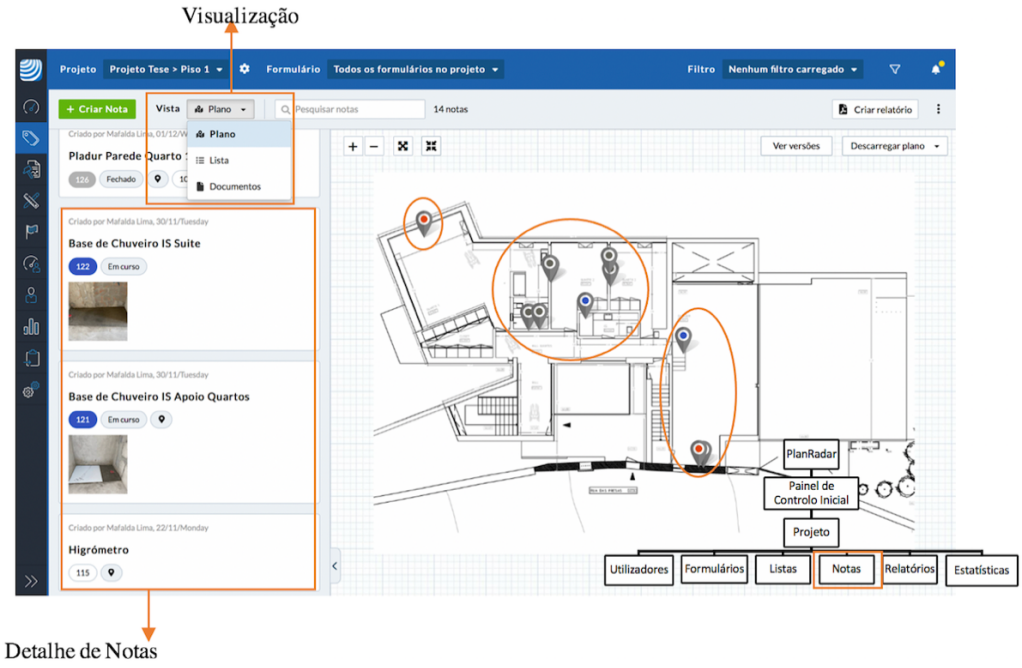


Figura 40: Notas Assinaladas numa Planta do Projeto Tese [31]

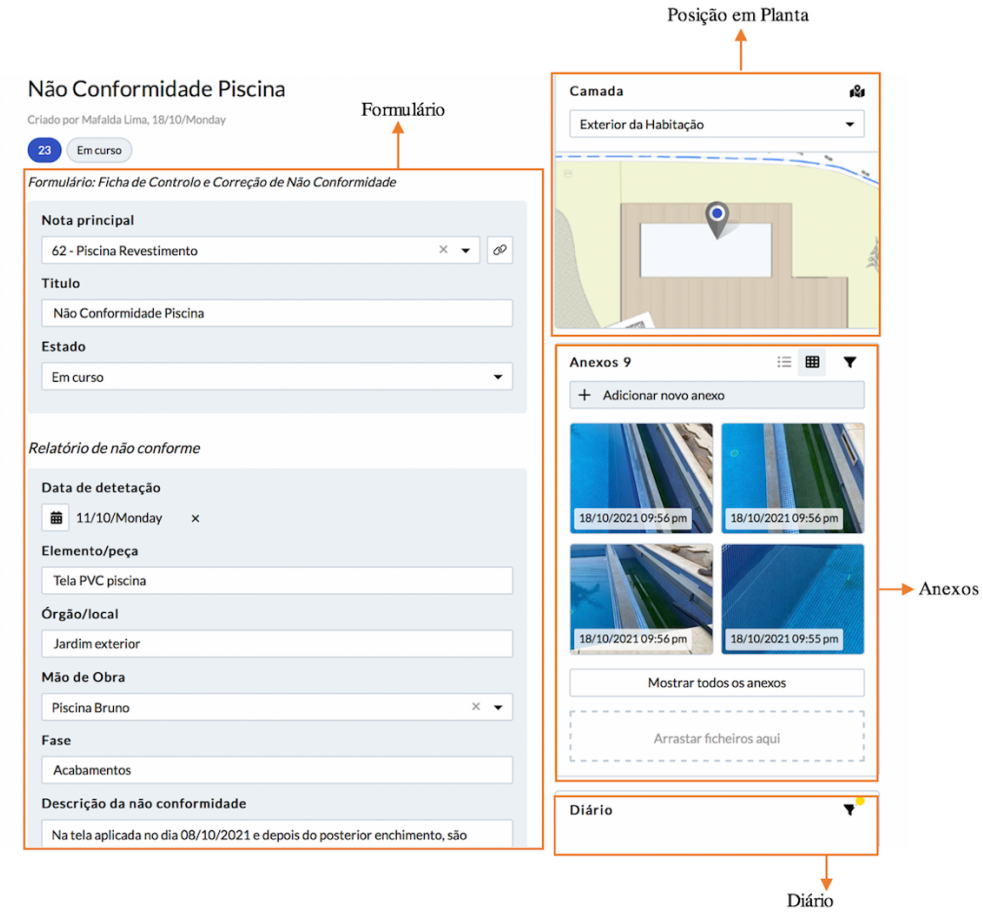


Figura 41: Conteúdo de uma Nota [31]

Como é observável na Figura 41, as notas são constituídas por:

- Anexos (Fotografias, Vídeos, Gravações, Documentos *PDF*);
- Formulário;
- Diário, onde é possível o envio de mensagens por parte de todos os participantes no projeto;
- Posição em planta.

3.5.2.7. Relatórios

A elaboração de relatórios tem como condições prévias a criação de formulários e a sua aplicação através de notas. Só assim é possível a exportação da informação para relatórios constituindo a fase final de recolha e análise completa e organizada da informação.

O *software* possibilita a criação de dois tipos de relatórios, relatórios de notas e relatórios de projeto.

a) Relatórios de Notas

Os relatórios de notas constituem documentos através dos quais é reunida toda a informação das notas existentes. Como se pode observar na Figura 42, é possível executar relatórios de notas através do modelo simples ou utilizando uma funcionalidade que permite a construção de um modelo próprio.

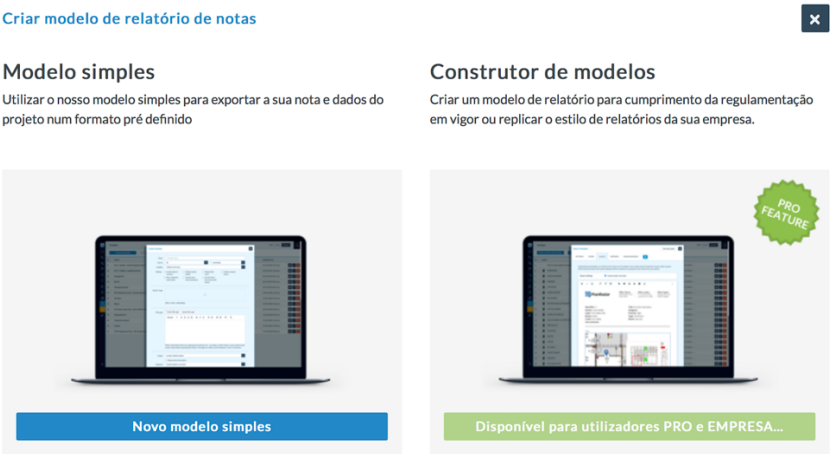


Figura 42: Criação de Modelos de Relatórios de Notas [31]

O modelo básico permite exportar a informação das notas para os relatórios em formato *PDF* ou *Excel*, observável na Figura 43. Em anexo pode observar-se exemplos de relatórios em *Excel* das FCC e das restantes fichas em *PDF*. Esta opção de exportação foi escolhida pela autora por questões de organização e de melhor leitura.

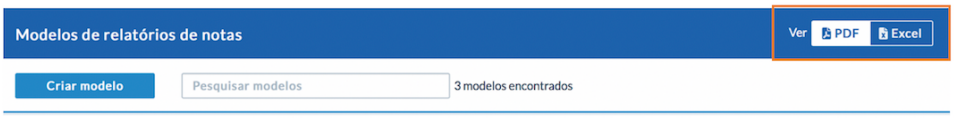


Figura 43: Seleção do Formato do Modelo do Relatório de Notas [31]

Esta exportação é feita de forma automática, como se observa na Figura 44, sendo necessário selecionar apenas o modelo de relatório pretendido.

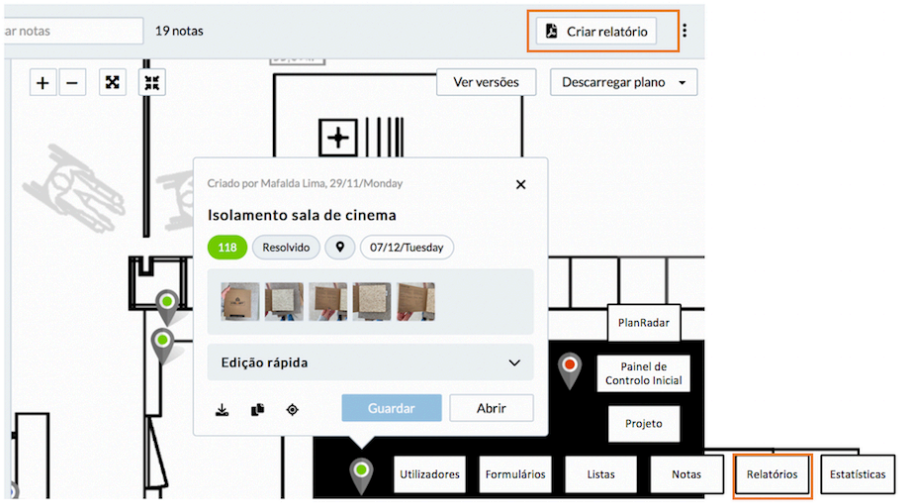


Figura 44: Exportação Automática de Relatórios de Notas [31]

Como se contra representado na Figura 45, pode definir-se quais os detalhes do projeto a incluir, assim como fotografias ou um relatório diário. Também existe a possibilidade de criar um índice analítico, construir uma página para o título e uma página final ou inserir uma imagem para o cabeçalho.

Utilizando as caixas de seleção é permitido selecionar quais atributos pretendidos e até mesmo atribuir-lhes uma nomenclatura alternativa.

A Figura 45 corresponde a um modelo de relatório em formato *PDF*. Em formato *Excel* os campos, definições e atributos são os mesmos, variando apenas a forma de exportação.

É importante referir que, não sendo o modelo de relatório mais completo, foi o implementado no caso de estudo, uma vez que a versão utilizada foi a *Basic*.

Para utilizadores com versões melhoradas, poderão optar pelo construtor de modelos e escolher um dos modelos de amostra como o diário do local, relatório de segurança contra incêndio, relatório de auditoria de segurança, lista de verificação de inspeção residencial ou lista de verificação de transferência, e posteriormente combinar os campos da nota criados com os campos correspondentes no relatório.

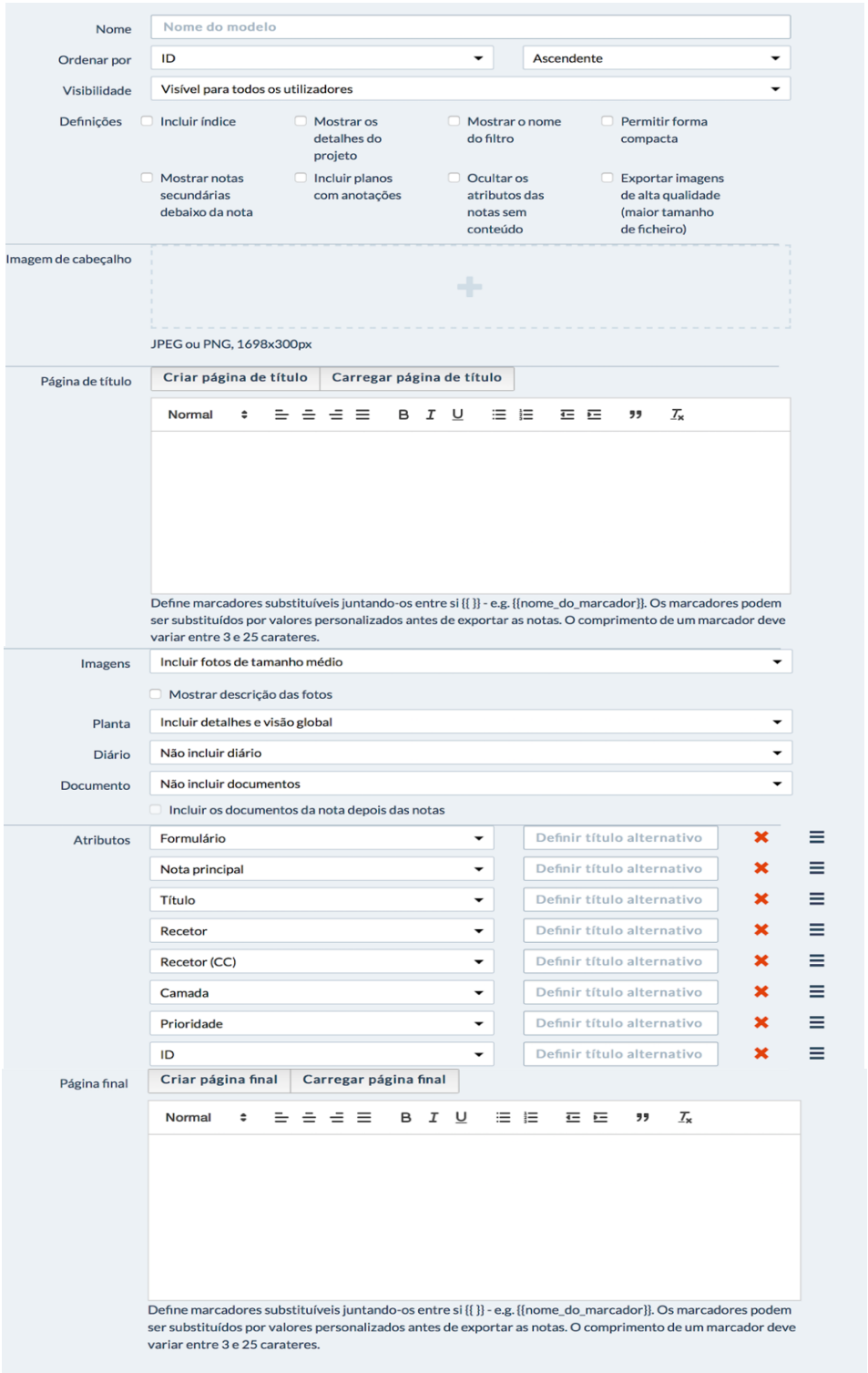


Figura 45: Modelo Simples de Relatório de Notas em *PDF* [31]

b) Relatórios de Projeto

Os relatórios do projeto permitem uma compilação de informações num modelo de relatório existente, facilitando a execução de listas de verificação, relatórios diários, relatórios de inspeção, entre outros. Os modelos podem ser inseridos no *software* através de formulários *PDF* existentes, reduzindo a necessidade de entradas manuais de dados.

Para criar um *template* de relatório existem duas opções, como se pode observar na Figura 46, importar um formulário já existente e que esteja armazenado no computador em formato *PDF* ou selecionar um dos modelos já disponíveis no programa.

Tal como os relatórios de notas, estes podem ser exportados em *PDF* ou em *Excel*.

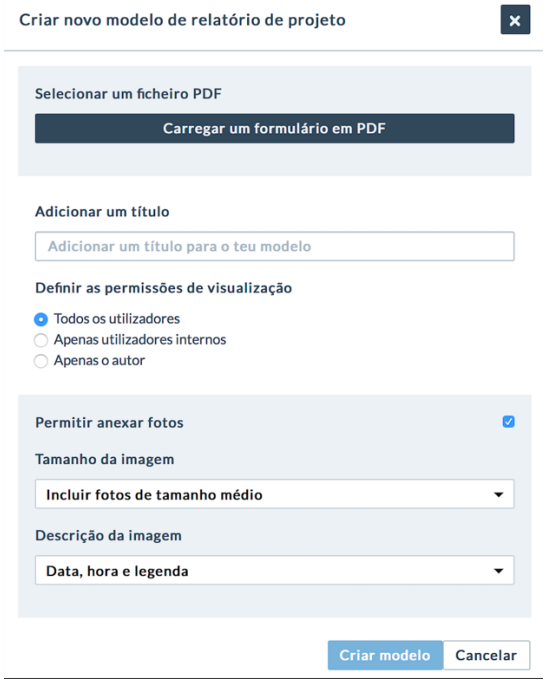


Figura 46: Elaboração de um Relatório de Projeto [31]

Uma vez que a versão disponível para a elaboração da presente tese foi a *Basic*, não foi possível usufruir desta funcionalidade.

3.5.2.8. Estatísticas

Este *software* permite uma visão global de todas as notas, percebendo em que estado se encontra o projeto. Através dos gráficos da Figura 47, é possível ter a perceção da quantidade de tarefas em aberto, em curso, que já se encontram resolvidas ou fechadas.

É permitida a exportação destes gráficos para *Excel* conseguindo desta forma avaliar a evolução do projeto durante períodos de tempo determinados. Esta funcionalidade poderá ser de grande utilidade para relatórios semanais ou mensais.

É também permitida a elaboração de um novo quadro com um conjunto de gráficos relativos a um formulário específico através da opção "Criar novo quadro" no canto superior esquerdo ou simplesmente adicionar um novo gráfico de qualquer tipo através do "Adicionar gráfico".

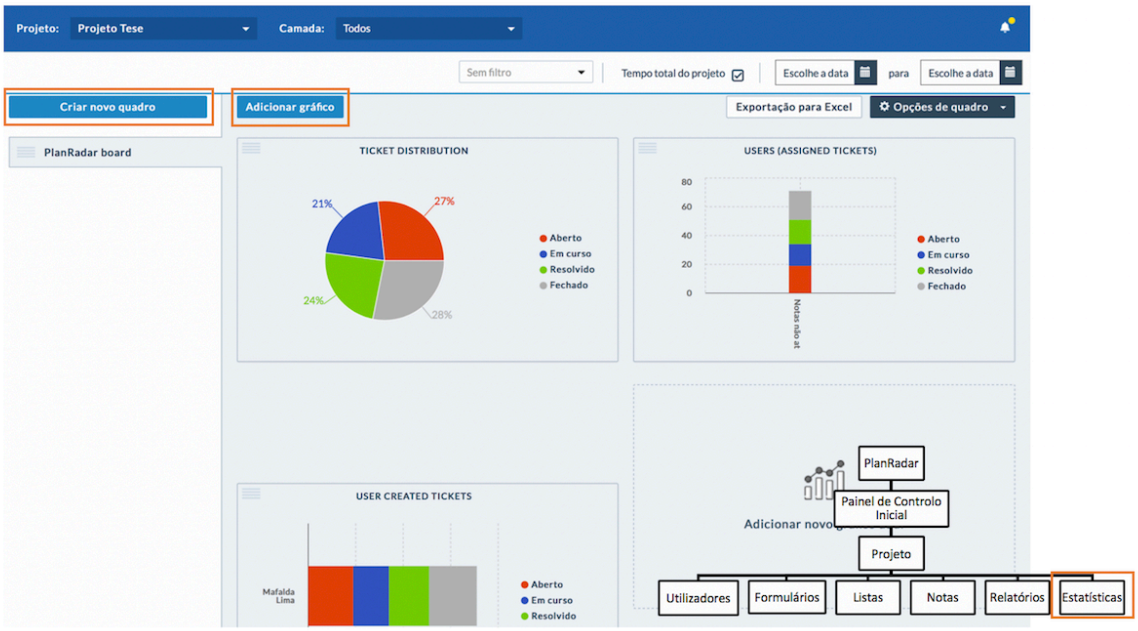


Figura 47: Estatísticas – Projeto Tese [31]

3.5.2.9. Resumo

O *PlanRadar* constituí uma ferramenta de Construção 4.0 para trabalho diário com uma rápida capacidade de resposta.

Ao longo deste subcapítulo foram observáveis as diversas funcionalidades do *software* que constituem diferentes elementos de registo e análise de todo o tipo de controlo da qualidade em obra, oferecendo uma maior organização e agilidade e uma interpretação mais direta e completa.

A partilha de fotografias, textos, mensagens de voz com informação para outros elementos, sinalização nas plantas asseguram um grande suporte para quem trabalha na indústria da construção. Os métodos baseados em imagem funcionam como fornecedores de informação em tempo real sobre o estado das tarefas através de documentos devidamente organizados.

A criação de modelos de fichas com a capacidade de anexar documentação e registos fotográficos, associada à exportação de fortes relatórios, constituí um controlo mais organizado e completo.

Todas estas funcionalidades, associadas à capacidade móvel, possibilitam uma partilha rápida e direta que permite uma união da equipa mantendo todos informados através do acompanhamento e avaliação das tarefas.

Este método digital de trabalho é muito vantajoso para o processo de construção devido às imensas interações entre profissionais, informação disponível, correções, verificações e acompanhamento do estado das tarefas ao longo de um projeto.

4

CASO DE ESTUDO

4.1. A EMPRESA

A presente dissertação foi realizada em ambiente laboral na empresa ENGIPAR. A empresa é familiarizada com a construção civil há mais de vinte anos, cujo logotipo se encontra na Figura 48. Com experiência em diferentes tipos de empreitadas como habitação, hotelaria, restauração, reabilitação de património, pavilhões industriais, parques eólicos, vias de comunicação e arranjos exteriores, providencia aos clientes uma gestão de projeto e da construção, tratando de todo o processo do projeto, coordenação com empreiteiros e controlo no local da obra. Tendo como um dos principais serviços a fiscalização de obras, a atuação neste ramo é dividida em três pilares base de supervisão: qualidade, custo e planeamento. Possui também uma grande intervenção em peritagens e vistorias [32].

Atuando maioritariamente no Norte de Portugal, tendo estado envolvida num projeto no Luxemburgo, é uma empresa reconhecida pela APOGEP – Associação Portuguesa de Gestão de Projetos, IPMA – *International Project Management Association*, LNEC, Ordem dos Engenheiros, IMPIC – Instituto dos Mercados Públicos do Imobiliário e da Construção, IC – Instituto da Construção, CONPRO – Consultoria e Projetos, ACT – Autoridade para Condições do Trabalho e Habitissimo [32].



Figura 48: Logotipo ENGIPAR [32]

4.2. MÉTODOS DE CONTROLO DA EMPRESA

É de salientar que sendo uma empresa com uma versatilidade de intervenções, os métodos de controlo utilizados pela mesma variam de acordo com o serviço prestado e a dimensão da obra. Desta forma, toda a descrição realizada em seguida é referente à obra acompanhada neste período de dissertação.

4.2.1. CONTROLO DA QUALIDADE E DA CONFORMIDADE

4.2.1.1. Rotinas de Inspeção

A equipa de coordenação e fiscalização de obra desloca-se ao local várias vezes por semana, acompanhada de uma lista com as tarefas que devem ser realizadas, de forma a garantir que os trabalhos estão a decorrer de acordo com o que foi planeado e com a vontade do cliente. Nestas visitas de controlo à obra, são esclarecidas eventuais dúvidas por parte das diferentes subempreitadas presentes, prevenindo a ocorrência de erros e de não conformidades. Funcionam também como uma verificação de todos os trabalhadores presentes em obra, controlando assim a produtividade.

O registo destas rotinas é executado através de fotografias como prova dos critérios e procedimentos implementados. No final da inspeção, estes registos são colocados na *DropBox* da respetiva obra e enviados para o Dono de Obra (DO) quando assim exigido. A lista de tarefas é atualizada e são realizados os contactos via telefónica ou por email para as especialidades às quais é necessário comunicar alguma informação.

4.2.1.2. Registo das Conformidades e das Não Conformidades

Através das Rotinas de Inspeção são registadas as conformidades e não conformidades. Tendo como apoio a lista referida anteriormente, as conformidades são imediatamente assinaladas na mesma. As não conformidades são levantadas através de registo fotográfico e enviadas para a respetiva subempreitada com a respetiva data, local onde se encontra a não conformidade, a descrição do que seria esperado e a respetiva correção.

Caso a especialidade envolvida se encontre em obra e seja possível, a resolução imediata é realizada agilizando o processo e garantindo que não há atrasos ou repercussões em outros trabalhos. Quando não se consegue proceder à correção instantânea, é atribuído um período de resolução e posteriormente realizada uma nova inspeção para que seja possível encerrar a não conformidade.

Quando se trata de uma não conformidade grave, poderão ser necessários novos materiais, equipamentos e até mão de obra não prevista, podendo provocar aumento nos custos e alteração do planeamento geral da obra.

4.2.1.3. Aprovação de Materiais

O controlo de materiais que entram em obra é realizado através de um documento semelhante a um mapa de trabalhos e quantidades (MTQ) mas mais simplificado, onde se encontram descritas as características do material, os seus componentes, funcionalidade e as respetivas quantidades. Como auxílio e complemento deste controlo existem peças desenhadas e desenhos 3D garantindo um resultado final pretendido pelo DO.

Antes de se realizar a encomenda dos materiais são analisadas várias propostas pedidas a diversos fornecedores do mesmo material, verificando as características dos mesmos. Para uma aprovação mais rigorosa, muitas vezes são fornecidas amostras para uma análise e visualização mais direta e até mesmo para a realização de ensaios.

4.2.1.4. Medições

Realizadas através de equipamentos como um medidor laser e uma fita métrica, as medições constituem um controlo fundamental relacionado com diversos trabalhos. Imprescindível para a entrada de materiais em obra, por exemplo, é necessário ter as medições do local de aplicação de determinado material analisando a possibilidade de implementação do mesmo ou para transmitir ao fornecedor as medidas pretendidas do material.

4.2.1.5. Ensaios

Direcionados para materiais e equipamentos, existem ensaios que analisam a funcionalidade ou falta dela e outros que funcionam como um teste de verificação de determinadas características pretendidas.

Tudo o que está em obra tem de ser ensaiado, quer seja um elemento de maior complexidade como os elementos de funcionamento de uma piscina, ou um elemento simples como a gaveta de um armário.

Na obra deste caso de estudo realizou-se um ensaio muito interessante, observável na Figura 49, em que o objetivo era analisar a possibilidade de criar atrito num azulejo de casa de banho tornando-o antiderrapante, possibilitando a sua aplicação também como base de chuveiro, de acordo com o pedido pelo DO.

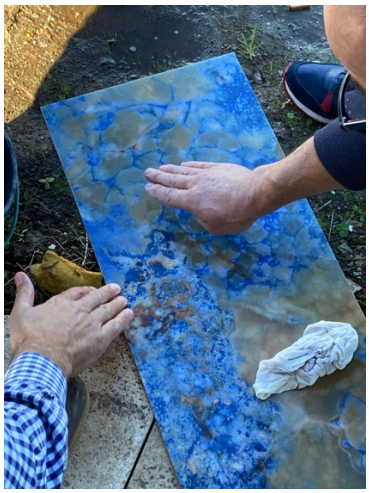


Figura 49: Ensaio Realizado em Obra – Criação de Atrito em Cerâmico de Casa de Banho

4.2.1.6. Pedido de Esclarecimento

Tal como o nome indica, os pedidos de esclarecimento servem para esclarecer dúvidas relativas a uma subempreitada, um trabalho ou uma tarefa, a uma exigência do DO ou para pedir autorização para a realização de uma alteração. Uma vez que a fiscalização é o elemento de ligação entre todas as entidades intervenientes, é de grande importância que todas as questões sejam respondidas para que a coordenação da obra seja feita sem peripécias e obstáculos.

Estes pedidos de esclarecimento são realizados através de chamada telefónica ou via *email*, dependendo da importância da questão. Caso seja uma tarefa que envolva diversos intervenientes ou uma questão mais complexa, será esclarecida através de uma reunião de obra.

Quando a resposta ao pedido de esclarecimento é demorada, é preferível não avançar com a dúvida uma vez que, se necessário, o tempo de retrabalho pode ser muito superior ao tempo de espera da resposta, provocando aumento de prazos e custos.

4.2.1.7. Reuniões de Obra e Atas de Reunião

As reuniões de obra são realizadas semanalmente em obra com a presença de todos os interessados no assunto a abordar na reunião. O DO, quando não está presente, é posteriormente informado das decisões tomadas na mesma.

O objetivo principal é solucionar problemas, tomar decisões ou esclarecer dúvidas que surgiram ao longo da semana com o conhecimento e a aprovação de todos. Como temas principais temos o controlo de qualidade, prazos, custos, conformidades, não conformidades, patologias e alterações no projeto.

Estas reuniões realizadas em obra, podem ocorrer com mais ou menos regularidade de acordo com a complexidade do assunto e a disponibilidade dos intervenientes.

No final de cada reunião o responsável pela coordenação e fiscalização elabora uma ata com o resumo da reunião, todos os intervenientes, a data, os assuntos abordados e as soluções tomadas e envia por email para todos os presentes.

4.2.2. CONTROLO ADMINISTRATIVO

4.2.2.1. Livro de Obra

O Livro de Obra é um documento onde são relatados todos os acontecimentos em obra, com a respetiva data e assinatura de quem os descreve. Neste deve também constar alterações feitas no projeto e a data de conclusão da obra.

Este livro encontra-se no local da obra, *"... para consulta, escrituração do ato de fiscalização e das anomalias detetadas pelos técnicos das entidades fiscalizadoras..."* [33].

Quando um livro se encontra totalmente preenchido, é feita uma cópia que será mantida no local, sendo o original arquivado no respetivo processo de licenciamento na Câmara Municipal.

Após a conclusão da obra, o livro é arquivado no processo de licenciamento.

4.2.2.2. Armazenamento da Informação

A gestão documental da empresa é realizada através da *DropBox*, um serviço de armazenamento e partilha de arquivos e ficheiros, baseado no conceito de computação em nuvem abordado anteriormente. Este sistema de armazenamento permite que cada ficheiro seja carregado a partir de qualquer dispositivo que possua este *software* e conexão à *internet*. Todos os elementos da empresa intervenientes no projeto são adicionados à *DropBox* tendo acesso a toda a informação existente.

Aqui são carregados todos os documentos, desenhos técnicos, desenhos 3D relativos às diversas especialidades, plantas, orçamentos, plano de trabalhos, licenças, medições, lista de pendentes, fotografias, alterações, as listas de verificações diárias atualizadas e todos os ficheiros relativos a assuntos da obra.

4.2.3. CONTROLO DE PRAZOS

4.2.3.1. Planeamento

Com o objetivo de entender se a obra se encontra atrasada, adiantada ou no tempo previsto é necessário ter um plano geral de trabalhos, que neste caso foi realizado através do *software Microsoft Project* utilizando um Digrama de *Gantt*. Tratando-se de uma obra que se encontra em fase de acabamentos, este plano de trabalhos encontra-se organizado com as diferentes subempreitadas e com as respetivas tarefas descritas. Para cada trabalho encontra-se uma barra de duração associada a uma data de início e de fim. É necessário ter em atenção as tarefas precedentes de forma a otimizar o tempo de trabalho.

Além deste plano geral, é imprescindível a criação de um plano diário ou semanal, apoiado no conceito de *Lean Construction*, onde é descrito o que se pretende realizar no período de tempo estipulado e o que não se realizou. Este planeamento encontra-se maioritariamente descrito em conjunto com a lista de tarefas a realizar mencionada anteriormente. Trata-se de um cronograma de grande importância uma vez que o plano geral sofre sempre alterações e é necessário continuar com um balizamento de datas para rentabilizar todo o prazo de obra.

4.2.3.2. Equipas Produtivas

O rendimento das equipas produtivas é analisado nas rotinas de inspeção. Nestas visitas à obra são registados os intervenientes presentes e em falta, sendo que os que não se encontram no local são comunicados via telefónica ou então através de um email para o coordenador da subempreitada respetiva.

A permanência das equipas em obra é estipulada no planeamento e comunicada semanalmente aos respetivos para que entrem em obra no dia estipulado sem atrasos.

4.3. A OBRA

4.3.1. DESCRIÇÃO DA OBRA

A obra atribuída pela empresa e que melhor se enquadrava como caso de estudo da presente dissertação, insere-se na construção de uma moradia unifamiliar em Vila Nova de Gaia. Esta obra é um projeto de 2015 que esteve parada durante alguns anos e que sofreu inúmeras alterações estando no presente momento em fase de acabamentos com a previsão de terminar em abril de 2022.

Na Figura 50 encontra-se uma imagem da obra em estudo.



Figura 50: Fotografia da Obra

O terreno onde decorre a obra possui uma área de 1.602 m^2 constituindo uma área de implantação do edifício de 315,5 m^2 . Trata-se de uma moradia com três pisos e jardim exterior com piscina.

4.3.2. Entidades Intervenientes

Estando esta obra em fase de acabamentos como já foi referido, como entidades intervenientes durante o período de permanência da autora em obra tem-se a equipa de coordenação e fiscalização de obra da empresa de apoio à realização desta dissertação, a equipa de arquitetura e a construtora.

Relativamente às diferentes subempreitadas e respetivas especialidades, encontram-se em obra as seguintes:

- Equipa de pichelaria;
- Equipa de carpintaria;
- Equipa de jardinagem;
- Instalações elétricas;
- Trabalhador de instalações de alarmes e câmaras de vigilância;
- Equipa de serralharia;
- Servente da construtora;
- Pedreiro;
- Equipa de pintura;
- Equipa responsável pela piscina;

- Técnico de colocação de *Pladur*.

É de salientar que muitos destes especialistas e técnicos não se integram numa ampla empresa da respetiva especialidade, trata-se de trabalhadores unipessoais ou com uma equipa reduzida.

5

MÉTODO UTILIZADO

5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Analisando a lista de problemáticas descrita no primeiro capítulo, colocam-se as seguintes questões: Em que medida é que a Construção 4.0 é útil para o Controlo da Qualidade da fiscalização? Há soluções no domínio da Construção 4.0? São úteis?

Para abordar esta temática e responder a estas questões, no âmbito da Construção 4.0, recorreu-se a um *software* introduzido no controlo de qualidade através das técnicas e características do mesmo aplicadas a uma situação de obra.

A presença da autora em estaleiro de obra teve a duração de três meses. Estando a obra em fase de acabamentos, como já foi mencionado, neste período de tempo, decorriam diversas tarefas, no entanto, uma vez que o tempo de permanência em obra não foi muito, teve de se selecionar as que se entenderam ser mais interessantes, com mais conteúdo e que fossem possíveis de acompanhar.

Para realização do plano de controlo de qualidade optou-se por analisar algumas das tarefas de paredes interiores, fachadas, tetos falsos, bases de chuveiros, sistemas de impermeabilização, carpintarias, testes de funcionamento, ensaios de desempenho, correções de não conformidades, análise e resolução de patologias existentes, execução de jardins e da piscina, pinturas e diversos assuntos que surgiram ao longo do tempo. Todos estes procedimentos foram controlados e observados através da execução de formulários, posteriormente associados a notas e exportados sob a forma de relatórios.

Os formulários realizados foram:

- Fichas de Controlo de Conformidade (FCC) - 22 formulários criados;
- Fichas de Controlo e Correção de Não Conformidade - 1 formulário criado;
- Fichas de Receção de Materiais - 2 formulários criados;
- Fichas de Ensaios e Testes - 1 formulário criado;
- Fichas de Patologias - 1 formulário criado;
- Fichas de Gestão de Assuntos - 1 formulário criado.

É necessário salientar que o objetivo não consistia na execução de muitas fichas, mas sim, na realização de fichas que pudessem ser várias vezes aplicadas, simplificando toda a análise, controlo e recolha de informação. Este objetivo justifica o número de formulários criados para cada ficha com exceção das FCC que, uma vez que são constituídas pelo controlo de tecnologias diversas, não permitem a elaboração de um único formulário.

Em resposta às questões colocadas anteriormente, será realizada uma análise individual de cada tipo de fichas elaboradas relacionando-as com as consequências do Quadro 7, presente no capítulo três, através de uma pontuação com uma escala de 1 a 5. Desta forma foi possível perceber em que medida é que as problemáticas encontradas se identificam com a lista do quadro.

Foram identificados parâmetros influenciadores nos critérios de decisão para que o decisor não pontuasse a sentimento, mas pudesse ter um guia orientador, fazendo convergir a avaliação.

Foram então elaborados trinta e um quadros, disponíveis em anexo, semelhantes ao Quadro 8. Cada quadro foi objeto de identificação dos subparâmetros e da variabilidade dos parâmetros influenciadores.

Em seguida encontra-se um exemplo presente no Quadro 8, *"Melhor gestão de defeitos",* pontuado com a escala definida e com a respetiva descrição da pontuação para que posteriormente seja percetível a pontuação atribuída às diferentes fichas utilizadas.

Quadro 8: Exemplo de Descrição da Escala

9. Melhor gestão de defeitos

1	Não aplicável, resolução não é executada no momento, dão origem a mais problemas;
2	Marginalmente melhorada, no entanto, resolução demorada e poderão surgir problemas provenientes desse mesmo defeito;
3	Gestão de defeitos parcialmente melhorada, sem revelar grandes diferenças em relação a outras formas de gestão demorada;
4	A revelar ganhos significativos relativamente a outras formas, otimizando o tempo de resolução e sem consequências secundárias;
5	Imprescindível, resolução imediata e eliminação de defeitos sem mais consequências do que o próprio defeito.

5.2. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL - FICHAS E RESPETIVAS PONTUAÇÕES

5.2.1. FICHAS DE CONTROLO DE CONFORMIDADE (FCC)

Os formulários mais executados ao longo de toda a investigação foram os associados a Fichas de Controlo de Conformidade.

Em seguida listam-se todos os formulários elaborados que foram aplicados várias vezes em obra, uns mais do que outros:

- FCC Piscina Estrutura;
- FCC Piscina Parte Hidráulica;
- FCC Piscina Parte Elétrica;
- FCC Piscina Revestimento;
- FCC Jardim Exterior;
- FCC Jardim Interior;
- FCC Sistema de Rega;
- FCC Paredes Rebocadas;
- FCC Aplicação de *Pladur*;
- FCC Aplicação de Capoto;
- FCC Aplicação de Membrana Ventilada em Paredes com Humidade;
- FCC Aplicação de *CELENIT*;
- FCC Pinturas;
- FCC Execução Base de Chuveiro;
- FCC Montagem de Portas;
- FCC Montagem de Armários;
- FCC Colocação de *Deck*;
- FCC Execução de Pavimento;
- FCC Colocação de Apainelados;
- FCC Montagem de Móveis;
- FCC Instalação de Chuveiro Embutido;
- FCC Execução de Escadas;

Para simplificar a execução destas fichas num ambiente complexo, como é o que se encontra em obra, construiu-se um *template* de FCC semelhante para todas, alterando apenas os campos que dizem respeito às tecnologias controladas. Como se pode observar na Figura 51, o primeiro campo constitui a nota principal, seguindo-se o título, o estado em que se encontra a tarefa a controlar, permitindo a alteração de acordo com a sua evolução, e uma descrição dos objetivos da tarefa para que todos consigam acompanhar de forma percetível.

Relativamente aos prazos, existem dois campos, um com a data de início e outro com a data final.

Posteriormente surge o controlo de produtividade. Desta forma é selecionado o responsável por cada tarefa, contribuindo para uma maior informação e controlo. Em seguida são descritos todos os materiais necessários e é verificada a realização de fichas de receção dos mesmos, melhorando a sua gestão. Por último, os equipamentos, estando inserida no *software* uma lista construída em *Excel* de todos os equipamentos disponíveis na obra, é possível associá-los ao respetivo trabalho.

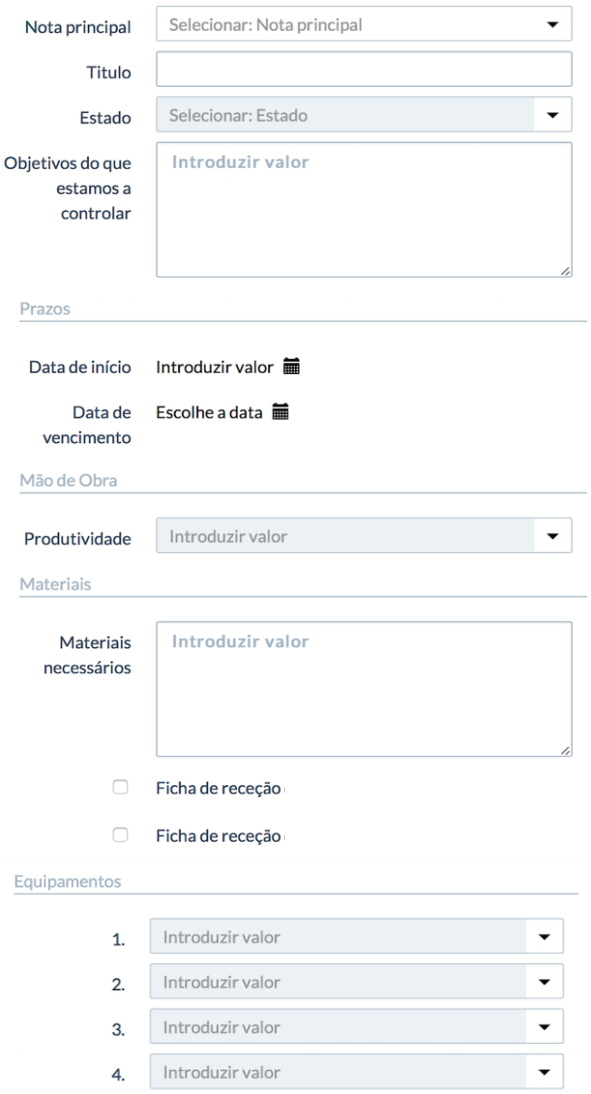


Figura 51: Constituição do Formulário FCC

Relativamente à parte do controlo de conformidade, observável na Figura 52, este inicia-se com as condições prévias, quando existem trabalhos que necessitam ser executados antes da tarefa em controlo para que esta possa ocorrer, seguindo-se as tecnologias aplicadas e as condições posteriores.

Estes campos são detalhados com as respetivas tarefas e por sua vez associados aos conceitos "Conforme, Não Conforme ou Não aplicável". Este último conceito surgiu para, mais uma vez, englobar o máximo de trabalhos possíveis de forma a aplicar a mesma ficha várias vezes contemplando toda a informação, funcionando também como uma análise entre as tecnologias do trabalho controlado e as implementadas normalmente na mesma tarefa.

Outro controlo essencial é a funcionalidade e operacionalidade da tarefa que se encontra em execução, contribuindo para a redução de erros e gestão dos mesmos.

Para que não falte nenhum dado e informação, o último campo permite a associação do *link* da *DropBox* onde se encontram todos os documentos e elementos constituintes da obra para que, em caso de dúvidas, sejam esclarecidas no momento, evitando incompatibilidades e contribuindo para o acesso global e instantâneo dos intervenientes a toda a informação.

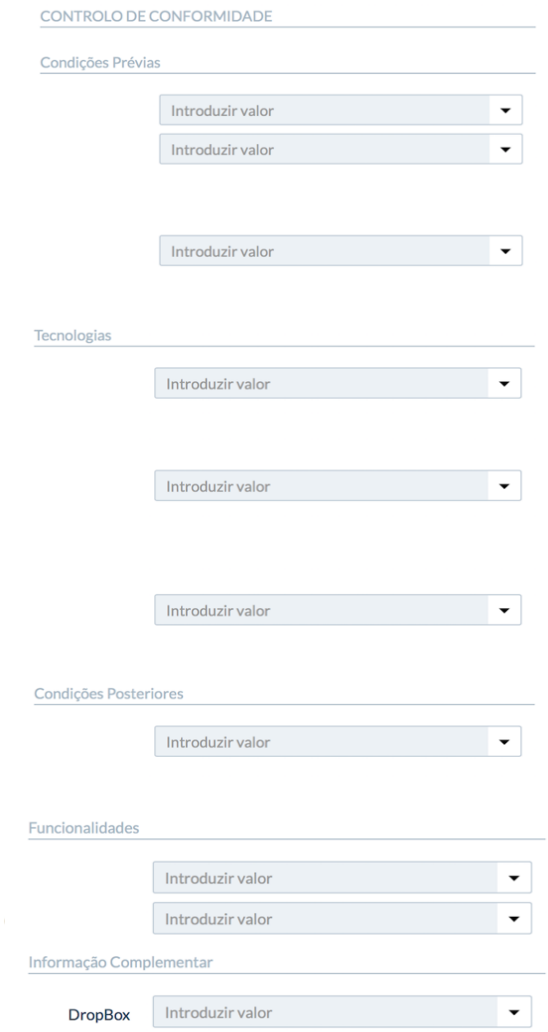


Figura 52: Constituição do Formulário FCC – Continuação

Estes formulários são utilizados através da criação de notas e posteriormente exportados em formato de relatório. Na Figura 53 pode-se observar um exemplo de um relatório proveniente de uma FCC criada, FCC Execução Base de Chuveiro. Este relatório encontra-se no Anexo A1.

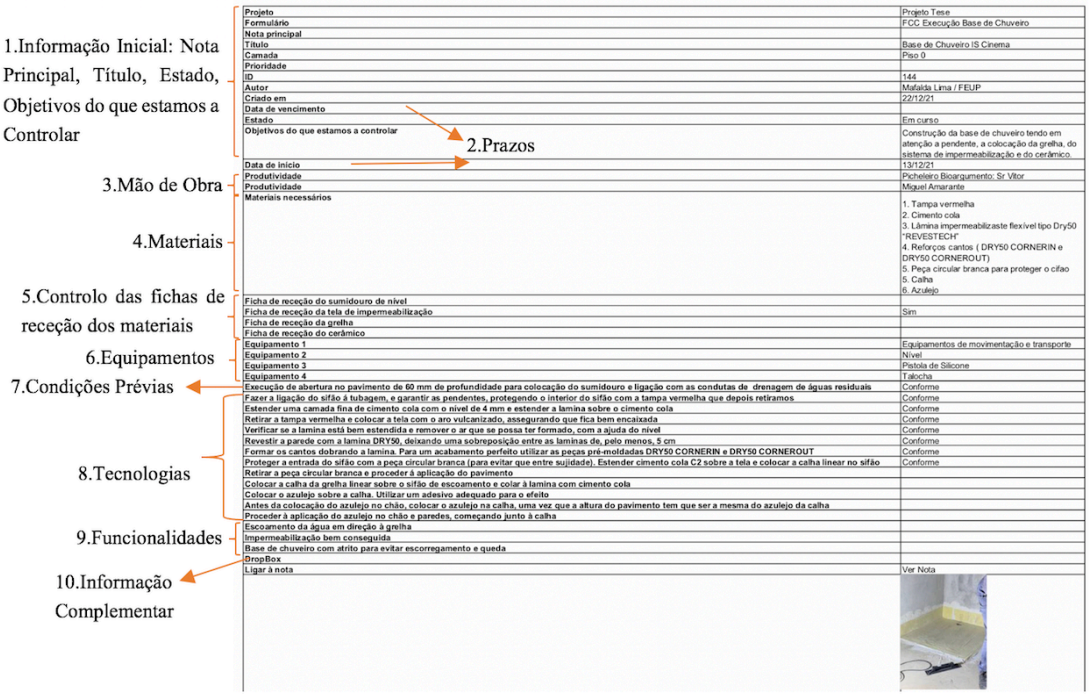


Figura 53: Relatório de Controlo de Conformidade - Execução Base de Chuveiro

Durante a elaboração e aplicação destas fichas surgiram diversos impactos no Controlo da Qualidade. É então possível a associação de algumas consequências mencionadas no Quadro 7 e a atribuição da respetiva pontuação proporcionando uma perspetiva de utilidade da Construção 4.0, realizada no Quadro 9.

Quadro 9: Pontuação FCC

Consequências Quadro 7 aplicáveis nas fichas em análise	Pontuação
1.Acesso instantâneo à informação	4
3.Acessibilidade instantânea dos membros da equipa	5
4. Melhor comunicação entre as equipas de projeto	4
6. Maior flexibilidade de trabalho	3
7. Fluxo instantâneo de informação	4
9.Melhor gestão dos defeitos	4
10.Relatórios instantâneos de inspeção	5

11.Troca simplificada de informação	4
12.Melhoria na execução de relatórios	4
13.Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto	5
19.Menos documentos em papel	5
21.Maior velocidade de construção	4
22.Melhor relacionamento no trabalho entre equipas	4
24. Melhor gestão dos materiais	4
27. Redução dos erros de construção	4
31.Maior complexidade do trabalho	5

Com a elaboração das FCC auxiliadas pelo *software*, é possível afirmar que existe uma evolução considerável ao nível do acesso à informação uma vez que, através da indicação presente nas mesmas, o acesso à *cloud* do projeto é imediato e quando concluídas, ficam armazenadas na nuvem do *software* oferecendo uma disponibilidade instantânea uma vez que, atualmente, todos possuem um dispositivo móvel.

Usando a nuvem, todos podem ter acesso a atualizações, dados e informação a qualquer momento e em qualquer lugar, relatando diretamente o progresso do trabalho. Não necessitam de se deslocar com frequência entre o local da obra e os escritórios para ter acesso aos dados ou esclarecer problemas, o que elimina desperdícios de tempo. É possível também capturar dados e informação relevante através de fotografias e vídeos.

Com estas evoluções e com o conteúdo e organização das fichas demonstrados, todos os intervenientes estão atualizados do estado dos trabalhos e dos detalhes dos mesmos, melhorando a comunicação com a troca simplificada de informação, eliminando incompatibilidades e incoerências muitas vezes presentes na transmissão de informação. Esta agilidade proporciona um fluxo mais instantâneo e simplificado de informação.

O controlo inovador realizado dos materiais, dos equipamentos, da mão de obra, das tecnologias e funcionalidades oferecem uma melhor gestão e uma redução de erros de construção, objectivos-chave para um aumento da velocidade de construção.

Também na execução de relatórios a Construção 4.0 demonstra-se útil. Constituindo documentos fundamentais, estes são obtidos de forma imediata e completa, contribuindo para a redução de documentos em papel, eliminando a possibilidade de os perder e tornando-os mais completos devido à vantagem de preenchimento no momento que reduz a falha de algum dado importante.

Apesar de todas as evoluções e consequências positivas referidas, a flexibilidade de trabalho complica, uma vez que não existe uma adesão por parte de todos os elementos, devido às diferentes experiências, formações e ideias presentes numa equipa de trabalhadores tão diversificada.

5.2.2. Fichas de Controlo e Correção de Não Conformidade

Quando alguma tecnologia descrita nas FCC não se encontra em conformidade, é necessário elaborar uma ficha de controlo e correção de não conformidade, para que o trabalho continue sem erros ou incompatibilidades.

Estas fichas possuem a mesma estrutura para todos os trabalhos, facilitando assim a sua aplicação, variando apenas o conteúdo da mesma e o preenchimento em cada campo.

Foi realizado apenas um formulário que foi aplicado três vezes originando as seguintes fichas:

- Ficha de Controlo e Correção de Não Conformidade Revestimento Piscina;
- Ficha de Controlo e Correção de Não Conformidade Desvio Lavatório IS Social;
- Ficha de Controlo e Correção de Não Conformidade Espelhos Salientes Piscina.

Na Figura 54 encontra-se o *template* do formulário de controlo e correção de não conformidade. Constituído pela nota principal, título, estado e relatório da não conformidade. É necessário referir a data em que foi detetada a não conformidade, o elemento/peça, o local onde se encontra, a mão de obra responsável pela tarefa, de forma a que consiga ser alertada de imediato obtendo a conformidade o mais rápido possível, a fase de obra em que ocorreu e a descrição.

Em seguida descrevem-se as ações corretivas, constituídas pela data de resolução, a respetiva descrição e a introdução do *link* que remete para a *DropBox* do projeto auxiliando a correção e contribuindo para esclarecimento de dúvidas de forma imediata quando necessário.

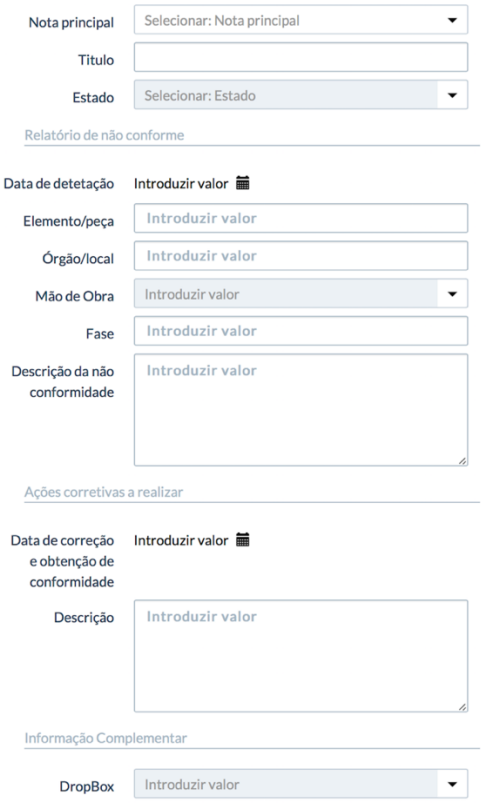


Figura 54: Constituição do Formulário de Controlo e Correção de Não Conformidade



Figura 55: Relatório de Controlo e Correção de Não Conformidade – Revestimento Piscina

Na figura 55 encontra-se um exemplo de um relatório em formato *PDF* que teve como origem o *template* de formulário ilustrado na Figura 54. Este relatório encontra-se completo no Anexo A2 – Controlo e Correção de Não Conformidade do Revestimento da Piscina.

Para demonstrar, mais uma vez, as vantagens da implementação destes métodos de trabalho oferecidos pela Construção 4.0, no Quadro 10 encontra-se a avaliação observada com a utilização do formulário de controlo e correção de não conformidade atribuindo-lhes uma pontuação.

Quadro 10: Pontuação Ficha de Controlo e Correção de Não Conformidade

Consequências Quadro 7 aplicáveis nas fichas em análise	Pontuação
1.Acesso instantâneo à informação	4
3.Acessibilidade instantânea dos membros da equipa	5
4. Melhor comunicação entre as equipas de projeto	4
6. Maior flexibilidade de trabalho	3
7. Fluxo instantâneo de informação	4
9.Melhor gestão dos defeitos	5
10.Relatórios instantâneos de inspeção	5
11.Troca simplificada de informação	4
12.Melhoria na execução de relatórios	5
13.Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto	5
14.Processo de tomada de decisão mais rápido	4
19.Menos documentos em papel	5
21.Maior velocidade de construção	4
22.Melhor relacionamento no trabalho entre equipas	4
27.Redução dos erros de construção	4
28.Menos tempo de resposta às mudanças	4
31.Maior complexidade do trabalho	5

Sempre que algo não está de acordo com o que se encontra no projeto, a tarefa é interrompida, deixando a FCC com não conformidades.

No controlo tradicional teria de se realizar uma ficha de controlo e correção de não conformidade e, posteriormente a se obter uma solução e a conformidade desejada, realizar uma nova FCC. Com a utilização desta metodologia de trabalho, este procedimento evolui tornando-se mais simples e com ganhos significativos relativamente aos métodos tradicionais maioritariamente utilizados. Elabora-se uma ficha de controlo e correção de não conformidade e, quando são eliminadas todas as incompatibilidades, regressa-se à FCC continuando o controlo. Esta gestão melhorada diminui a quantidade de documentos relacionados com o mesmo trabalho, diminui o tempo de resposta às alterações realizadas contribuindo para uma aceleração do projeto.

Tendo, estas fichas, como objetivos a melhor gestão de erros e defeitos e a eliminação dos mesmos, esta metodologia, que simplifica todo o processo de análise, incentiva uma decisão e forma de atuação mais rápidas derivadas da organização e a aglomeração da informação de acesso imediato e completo disponível na *DRopBox*.

O levantamento através de fotografias, armazenadas na *DropBox* e posteriormente enviadas constitui um método de controlo de não conformidades utilizadas pela empresa que, utilizando o *software*, torna-se mais instantâneo, completo e organizado.

Devido à capacidade de utilização e acesso através de dispositivos portáteis, a transferência de informação é imediata assim como o acesso de todos os interessados. Estas características melhoram a comunicação entre os elementos da equipa.

Outro fator positivo é a redução do tempo de espera entre a inspeção e a execução dos relatórios. A obtenção de relatórios é realizada de forma rápida e melhorada em formato digital, eliminando a quantidade excessiva de documentos em papel o que torna tudo mais ágil. O mesmo não é possível quando é tudo organizado e armazenado através de documentos impressos.

Todas estas consequências, obtidas tendo como auxílio o *software* utilizado, demonstram-se positivas, mas ainda constituem uma barreira para a maioria da equipa, reduzindo a flexibilidade de trabalho.

5.2.3. Fichas de Receção de Materiais

Com o objetivo de controlar os materiais que entram em obra, optou-se pela elaboração de fichas de receção dos materiais. Ao contrário das FCC que eram elaboradas por trabalho, estas fichas, uma vez que têm a capacidade de ser mais globais, foram construídas por especialidade.

Para este caso de estudo foram executados dois formulários de receção (Receção de Carpintarias e de Pinturas) originando as seguintes três fichas de receção:

- Ficha de Receção de Carpintarias
  - Ficha de Receção do *Deck*;
  - Ficha de Receção do Chuveiro Embutido em Teto Falso;

- Ficha de Receção de Pinturas
  - Ficha de Receção Primário SALITRE SEALER.

Começando pela receção das carpintarias, esta ficha foi realizada para aplicar na receção das portas, armário, pavimentos, apainelados, móveis, *deck*, elementos de casa de banho, de cozinha, entre outros, estipulados no projeto.

Como se encontra na Figura 56, esta ficha é constituída pela habitual nota principal, título e estado (fechado, rejeitado, em curso). Em seguida encontra-se a informação relativa à receção, data e local. Esta pode ser realizada diretamente em obra ou então nas instalações da carpintaria, oferecendo maior segurança. No separador dos pontos de controlo, seleciona-se a carpintaria a receber através de uma lista em *Excel* inserida no programa, o local de instalação através do mesmo método e toda a informação relacionada com o material.

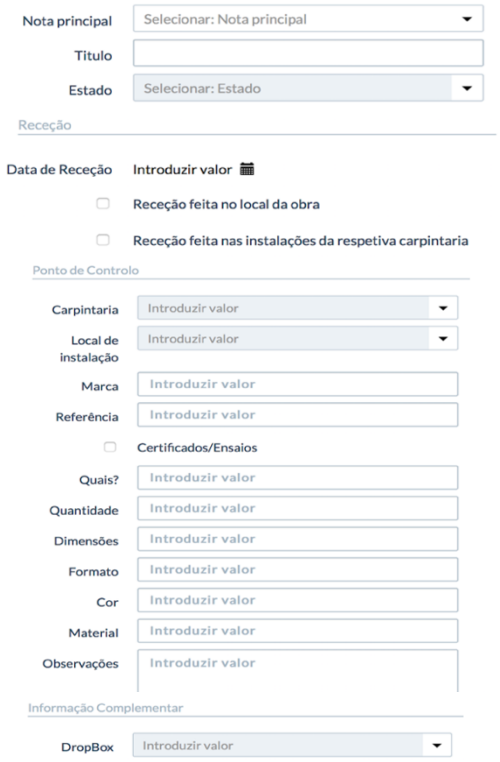


Figura 56: Constituição do Formulário de Receção de Carpintarias

A receção das pinturas é igual, tendo como única alteração a lista de *Excel* através da qual é possível selecionar o primário para a pintura a receber, como se pode comprovar na Figura 57.

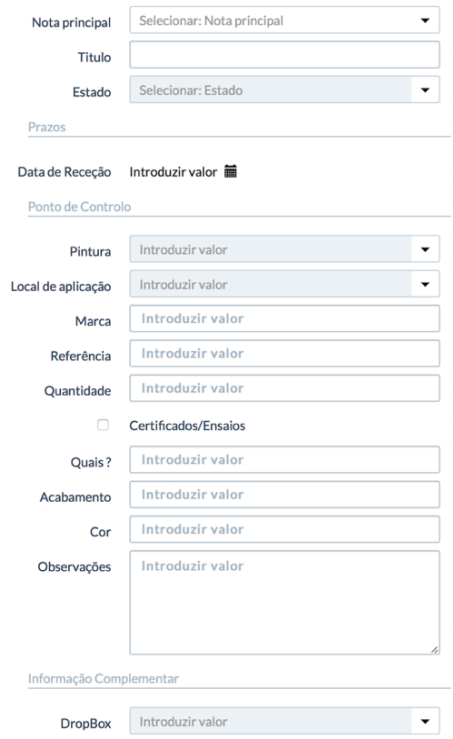


Figura 57: Constituição do Formulário de Receção de Pinturas

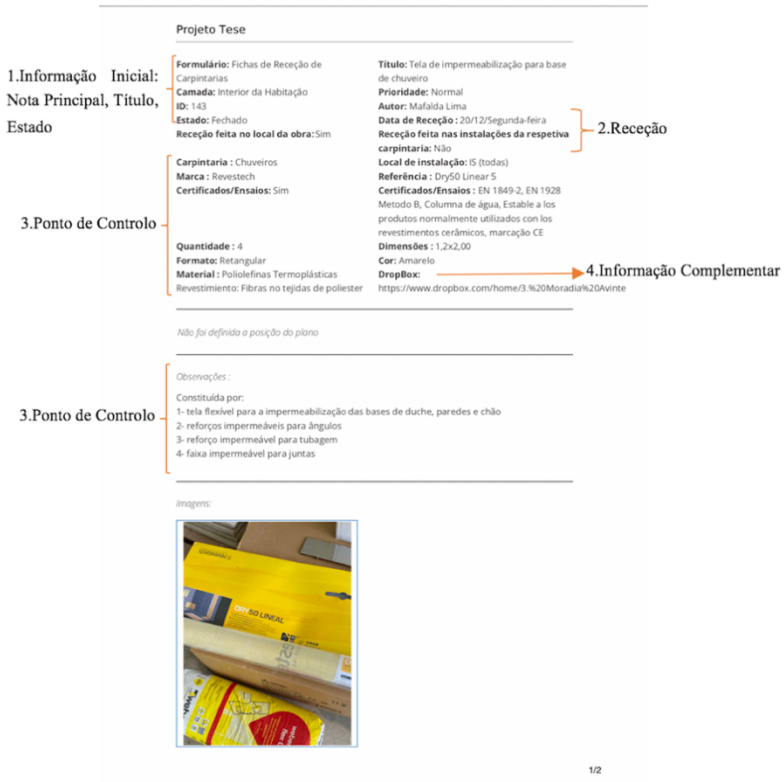


Figura 58: Relatório de Receção de Materiais – Tela de Impermeabilização para Base de Chuveiro

Estes *templates* originaram posteriormente relatórios. A Figura 58 constituí um exemplo de um relatório criado através da aplicação de um formulário de receção de carpintarias, disponível no anexo A3 – Receção da Tela de Impermeabilização para Base de Chuveiro.

Após a análise das consequências observadas durante a aplicação destas fichas digitais em obra, é necessário proceder à pontuação, realizada no Quadro 11, de forma a comprovar toda a utilidade ou falta dela.

Quadro 11: Pontuação Ficha de Receção de Materiais

Consequências Quadro 7 aplicáveis nas fichas em análise	Pontuação
1.Acesso instantâneo à informação	4
3.Acessibilidade instantânea dos membros da equipa	5
4. Melhor comunicação entre as equipas de projeto	4
6. Maior flexibilidade de trabalho	3
7. Fluxo instantâneo de informação	4
9.Melhor gestão dos defeitos	4
10.Relatórios instantâneos de inspeção	5
11.Troca simplificada de informação	4
12.Melhoria na execução de relatórios	4
13.Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto	5
14.Processo de tomada de decisão mais rápido	4
19.Menos documentos em papel	5
21.Maior velocidade de construção	4
22.Melhor relacionamento no trabalho entre equipas	4
23.Poupança de custos	4
24. Melhor gestão dos materiais	4
27. Redução dos erros de construção	4
28.Menos tempo de resposta às mudanças	4
31.Maior complexidade do trabalho	5

A aprovação de materiais em obra é feita através de análise visual utilizando, para cada material, um documento onde estão indicadas as características pretendidas. O controlo de receção de materiais, aplicando ferramentas de Construção 4.0, demonstra evoluções imediatas a nível de complexidade de trabalho uma vez que garante a possibilidade de aplicação da mesma ficha para todos os materiais no instante da sua entrada em obra ou na respetiva carpintaria, acelerando todo o procedimento e detetando erros e falhas nos mesmos, respondendo de forma imediata às alterações necessárias.

Quando esta receção não é executada de forma completa e imediatamente aquando da entrada dos materiais em obra ou nas instalações da respetiva carpintaria, surgem posteriormente diversos erros, podendo levar a um aumento de custos. Esta gestão de materiais constitui um controlo completo e simplificado incentivando um processo de decisão mais rápido.

Tal como mencionado durante a análise de aplicação das fichas anteriormente descritas, também nas fichas de receção de materiais é notória a troca de informação mais simplificada com mais disponibilidade, uma execução mais rápida dos relatórios, guardando tudo na nuvem obtendo uma informação sobre o projeto mais completa. Desta forma todos têm o mesmo acesso aos documentos aumentando a capacidade de comunicação entre os trabalhadores, ainda que nem todos se convertam à utilização desta ferramenta.

5.2.4. Fichas de Ensaios e Testes

Com o objetivo de testar a funcionalidade de alguns equipamentos e elementos ou para avaliar capacidades em materiais, ou falta delas, foi construída uma ficha para ensaios e testes. Trata-se de uma ficha global que pode ser aplicada a qualquer ensaio de diversas especialidades através do preenchimento dos diversos campos com a informação respetiva.

No caso de estudo foi executado apenas um formulário relativo a ensaios e testes que foi aplicado quatro vezes originando as seguintes fichas:

- Teste Cerâmico para Base de Chuveiro;
- Ensaio Dreno Humidade Sala de Cinema;
- Ensaio de Condutas à Pressão;
- Teste Higrómetro.

Este formulário possui uma constituição que se pode observar na Figura 59. Comum a todas as fichas, temos como primeiro campo a nota principal, seguida do título e da data em que foi realizado. Os seguintes campos constituem informação sobre a descrição do ensaio onde se indica o método de realização, seguido do resultado que se obteve e observações que se julguem necessárias.



Figura 59: Constituição do Formulário de Ensaios e Testes

A Figura 60 constituí um exemplo dos quatro relatórios executados através da aplicação do formulário de ensaios e testes. Este relatório encontra-se disponível no Anexo A4 –Teste Cerâmico para Base de Chuveiro.

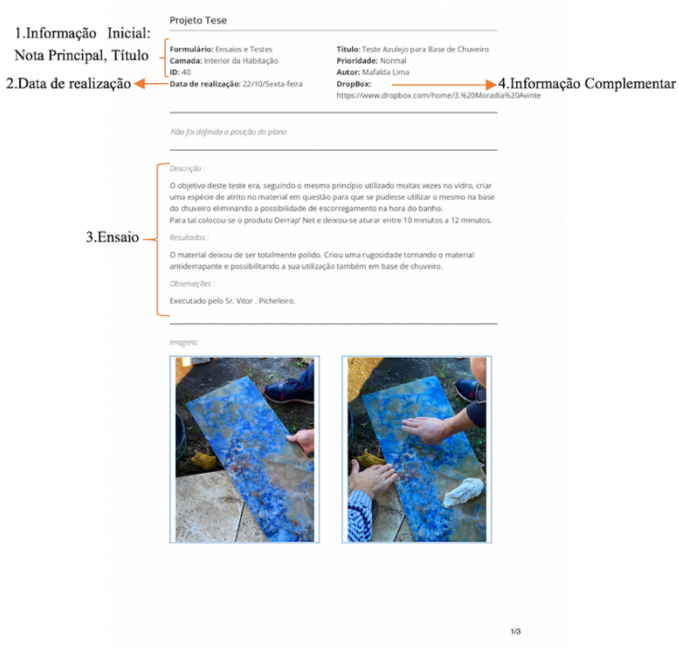


Figura 60: Relatório de Ensaios e Testes – Teste Cerâmico para Base de Chuveiro

No Quadro 12 encontram-se os resultados da avaliação observada durante a aplicação destas fichas, atribuindo-lhes uma pontuação.

Quadro 12: Pontuação Ficha de Ensaios e Testes

Consequências Quadro 7 aplicáveis nas fichas em análise	Pontuação
1.Acesso instantâneo à informação	4
3.Acessibilidade instantânea dos membros da equipa	5
4. Melhor comunicação entre as equipas de projeto	4
5. Capacidade de obtenção de mais dados	4
6. Maior flexibilidade de trabalho	3
7. Fluxo instantâneo de informação	4
9.Melhor gestão dos defeitos	4
10.Relatórios instantâneos de inspeção	5
11.Troca simplificada de informação	4
12.Melhoria na execução de relatórios	4
13.Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto	5
14.Processo de tomada de decisão mais rápido	4
19.Menos documentos em papel	5
22.Melhor relacionamento no trabalho entre equipas	4
23.Poupança de custos	4
24. Melhor gestão dos materiais	4
27. Redução dos erros de construção	4
28. Menos tempo de resposta às mudanças	4
31.Maior complexidade do trabalho	5

A particularidade dos ensaios e dos testes é a obtenção de mais informação sobre o material ou equipamento que estamos a ensaiar percebendo se é adequado para a finalidade pretendida.

Desta forma evitam-se erros associados e consequentemente reduzem-se os custos. Estas vantagens surgem com maior impacto recorrendo a esta ferramenta de trabalho, uma vez que o registo dos testes é realizado no momento onde é possível inserir vídeos, áudios e fotografias, fornecendo informação mais completa para todos, principalmente para os trabalhadores que não se encontram presentes, clarificando a comunicação entre todos os intervenientes.

Desta forma é notória a melhoria no acesso à informação e a transferência mais completa e fidedigna, melhorando também os relatórios que, mais uma vez, podem ser obtidos de imediato.

Esta gestão e controlo ajuda também no processo de seleção de alguns materiais e equipamentos, diminuindo o tempo de resposta, caso não correspondam ao pretendido e seja necessária alguma alteração.

Apesar da simplificação evidente que proporciona nos diversos trabalhos através da redução de documentos em papel e armazenamento direto na *cloud*, permitindo um acesso simplificado e global, a maioria dos trabalhadores ainda impõe barreiras causadas pela mudança e implementação de um novo método que desconhecem.

5.2.5. FICHAS DE PATOLOGIAS

Durante a permanência em obra, surgiram patologias em vários elementos construtivos e por isso houve a necessidade de criar fichas com a descrição da patologia existente e da solução proposta.

Foram então produzidas as seguintes fichas de patologias, originárias de um único *template* de relatório:

- Humidade na Parede Exterior da Sala de Cinema;
- Humidade na Garagem;
- Humidade e Dilatações na Garagem;
- Salitre no Pavimento Exterior Garagem.

Para a análise da patologia o *template*, ilustrado na Figura 61, inicia-se com a nota principal através da qual pode ser associado a outra ficha existente, o título e o estado de resolução. Em seguida procede-se à descrição da patologia observada e às causas que a originaram, assim como a indicação do ensaio realizado para clarificação das mesmas.

Sobre o período de resolução, indica-se a data de início e de fim do procedimento.

Relativamente à correção aplicada, é realizada uma descrição podendo ser complementada com informação armazenada na *DropBox* acessível através do link colocado no último campo.



Figura 61: Constituição do Formulário de Patologia

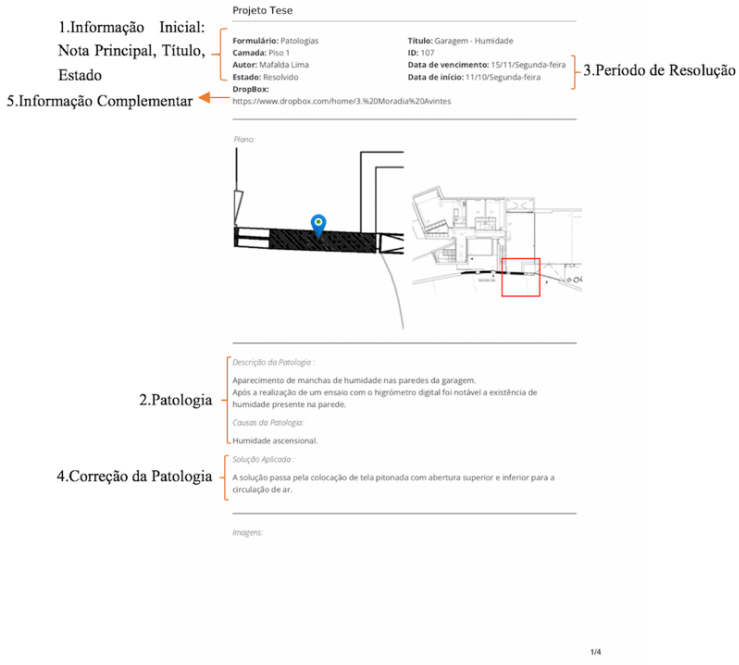


Figura 62: Relatório de Patologias – Humidade na Garagem

Na Figura 62 encontra-se um exemplo de relatório de patologias dos quatro existentes. Este relatório foi elaborado a partir da aplicação do formulário de patologias. No Anexo A5 – Humidade na Garagem, encontramos o presente relatório completo com as fotografias e a respetiva associação à planta.

Para concluir a utilidade da aplicação destas fichas, é realizada, no Quadro 13, a avaliação.

Quadro 13: Pontuação Ficha de Patologias

Consequências Quadro 7 aplicáveis nas fichas em análise	Pontuação
1.Acesso instantâneo à informação	4
3.Acessibilidade instantânea dos membros da equipa	5
4. Melhor comunicação entre as equipas de projeto	4
6. Maior flexibilidade de trabalho	3
7. Fluxo instantâneo de informação	4
9.Melhor gestão dos defeitos	4
10.Relatórios instantâneos de inspeção	5
11.Troca simplificada de informação	4
12.Melhoria na execução de relatórios	4
13.Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto	5
14.Processo de tomada de decisão mais rápido	4
19.Menos documentos em papel	5
22.Melhor relacionamento no trabalho entre equipas	4
23.Poupança de custos	4
31.Maior complexidade do trabalho	5

Como já foi referido, a maioria das patologias provêm de erros e omissões. Este registo e detalhe, auxiliado pela facilidade de execução e pela possibilidade de adicionar registos fotográficos, permitem uma melhor gestão dos defeitos e um acesso imediato e completo.

Todos podem ter conhecimento e chegar a uma solução de intervenção rapidamente. Quanto mais imediata for a intervenção menor são os custos investidos na resolução.

Estes relatórios obtidos de forma instantânea, como é exemplo o que se encontra na Figura 62, podem ser armazenados na nuvem e posteriormente serem utilizados como auxílio ao longo do projeto ou até para outros projetos em que se enquadrem.

5.2.6. Fichas de Gestão de Assuntos

Esta ficha foi construída com o objetivo de eliminar assuntos pendentes e de transmitir informação importante para todos os intervenientes do projeto para que exista uma otimização de tempo e um conhecimento geral de equipa.

Sendo o formulário mais aplicado em obra, é constituído, como se pode observar na Figura 63, pela nota principal podendo ser relacionada com outros assuntos ou tarefas, título e estado em que se encontra (resolvido, aberto, em curso).

A data de início e de vencimento são também dois fatores importantes estando diretamente relacionados com o estado do assunto.

É imprescindível a associação do assunto ao local, para que seja mais fácil a perceção quando não se encontram em obra, a mão de obra responsável e a descrição do assunto a resolver.

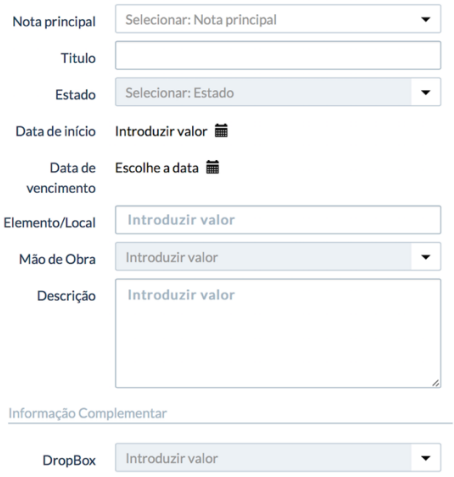


Figura 63: Constituição do Formulário de Gestão de Assuntos

O relatório apresentado na Figura 64 constitui um relatório de assuntos em *PDF*, que pode ser consultado no Anexo A6 – Guarda Entrada da Moradia. O formulário de gestão de assuntos elaborado foi aplicado trinta e oito vezes dando origem a relatórios semelhantes ao que se encontra na figura.

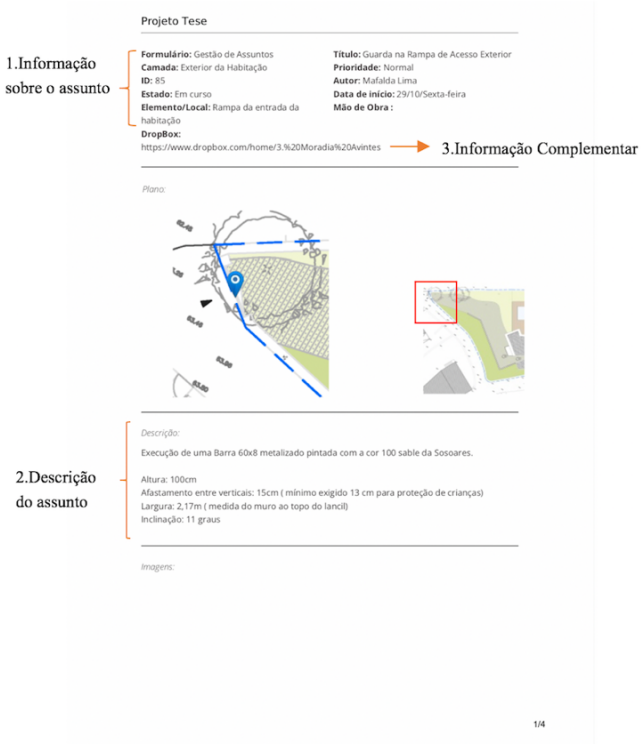


Figura 64: Relatório de Gestão de Assuntos – Guarda Entrada da Moradia

Comprovando as vantagens da utilização destas fichas em obra construídas nesta nova ferramenta de trabalho, encontra-se no Quadro 14 uma classificação das consequências observadas.

Quadro 14: Pontuação Ficha de Gestão de Assuntos

Consequências Quadro 7 aplicáveis nas fichas em análise	Pontuação
1.Acesso instantâneo à informação	4
3.Acessibilidade instantânea dos membros da equipa	5
4. Melhor comunicação entre as equipas de projeto	4
6. Maior flexibilidade de trabalho	3
7. Fluxo instantâneo de informação	4
11.Troca simplificada de informação	4

13.Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto	5
14.Processo de tomada de decisão mais rápido	4
19.Menos documentos em papel	5
21.Maior velocidade de construção	4
22.Melhor relacionamento no trabalho entre equipas	4
28.Menos tempo de resposta às mudanças	4
31.Maior complexidade do trabalho	5

Sendo a comunicação um dos aspetos mais desafiadores, esta metodologia de gestão de assuntos facilita maioritariamente o diálogo entre todos, quer estejam presentes ou ausentes, uma vez que não existe envio de documentos em papel e que todos os registos de assuntos ficam armazenados. Proporciona um fluxo instantâneo de informação e um acesso imediato agilizando a resolução do mesmo.

Com esta troca de informação imediata, os atrasos são evitados e a relação de trabalho é melhorada. É através deste conhecimento geral dos assuntos que é possível realizar as tarefas de forma mais rápida. A flexibilidade oferecida por estas tecnologias ajuda a planear e a continuar com o trabalho mesmo quando não se encontram fisicamente presentes em obra.

As listas impressas com as tarefas, método utilizado pela empresa, são eliminadas, sendo substituídas por formulários de gestão de assuntos devidamente assinalados em planta, facilitando as rotinas de inspeção em obra.

No entanto todas estas consequências positivas só poderão ser obtidas se existir uma implementação da utilização desta ferramenta de Construção 4.0 à qual ainda se encontra muita resistência.

5.3. AVALIAÇÃO GLOBAL

Através da utilização de um *software* aplicou-se em obra várias fichas. Cada utilização do sistema e das ferramentas 4.0 permitiram uma avaliação individual. Em seguida, para que seja realizada uma avaliação global, no Quadro 15, atribuiu-se a pontuação à situação presenciada atualmente, praticada pela empresa, e à situação que se obterá no futuro com base na utilização desta ferramenta ao longo da tese.

Quadro 15: Avaliação Global (Situação Atual Vs Situação Futura)

Consequências	Situação Atual	Situação Futura
Acesso instantâneo à informação	2	4
Acesso a dados meteorológicos (por exemplo, chuva e temperatura)	1	1
Acessibilidade instantânea dos membros da equipa	1	5
Melhor comunicação entre as equipas de projeto	2	4
Capacidade de obtenção de mais dados	2	4
Maior flexibilidade de trabalho	2	5
Fluxo instantâneo de informação	2	4
Tentação de verificar com frequência	5	4
Melhor gestão de defeitos	3	4
Relatórios instantâneos de inspeção	2	5
Troca simplificada de informações	3	4
Melhoria na execução dos relatórios	2	4
Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto	3	5
Processo de tomada de decisão mais rápido	2	4
Melhor resposta às disposições contratuais	1	1
Esclarecimento/correção instantânea de desenhos	1	1
Comunicação irrelevante/desnecessária	4	3
Distração	4	3
Menos documentos em papel	3	5
Uso pessoal de redes sociais/internet	5	4
Maior velocidade de construção	2	4

Melhor relacionamento no trabalho entre equipas	3	4
Poupança de custos	3	4
Melhor gestão de materiais	2	4
Alterações frequentes nos desenhos	1	1
Reduzida produção de resíduos	1	1
Redução dos erros de construção	3	4
Menos tempo de resposta às mudanças	2	4
Aumento de frustração	5	5
Atos/comportamentos inseguros	5	5
Maior complexidade do trabalho	3	5
SOMATÓRIO	80	115
PONTUAÇÕES MÉDIAS	2,58	3,71

Observando o Quadro 15, é possível verificar, através das médias das pontuações que a utilização desta ferramenta de Construção 4.0 proporciona um aumento na pontuação, destacando-se o crescimento das consequências positivas.

De forma a tornar mais claro e percetível optou-se pela elaboração de um gráfico radar ilustrado na Figura 65.

É de referir que todos as consequências que se encontram pontuadas com "1" em ambas as situações, trata-se de consequências que não foram testadas com a utilização do *software* de estudo e por isso não verificadas em obra.

Optando pelos métodos tradicionais representados com o preenchimento azul relativo à situação atual, presenciada em obra, observa-se que a maioria das consequências verificadas se encontram no interior da linha laranja, que representa a situação futura, demonstrando uma qualidade inferior.

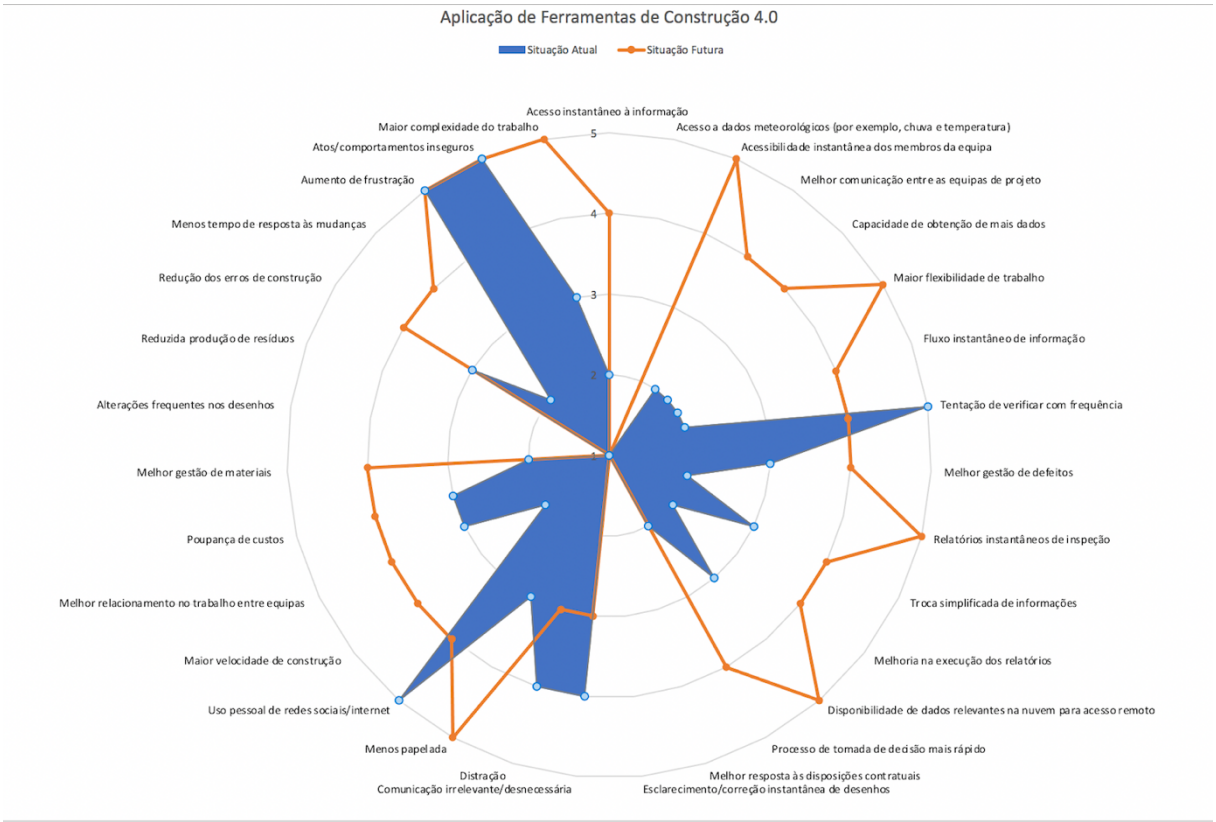


Figura 65: Gráfico Radar: Aplicação de Ferramenta de Construção 4.0

Os poucos pontos que se observam exteriores à linha representativa da situação futura, são referentes a consequências negativas que poderão ser agravadas com a utilização das novas ferramentas, como o uso pessoal de redes sociais ou da *internet* uma vez que a utilização de dispositivos móveis pode provocar tentações. No entanto, é um risco que "vale a pena correr" uma vez que o número de fatores positivos obtidos é bastante superior, fazendo com que as consequências negativas sejam praticamente desprezáveis.

A adoção de ferramentas de Construção 4.0, como é o caso do *software* de estudo utilizado, permite uma maior eficiência e aceleração do trabalho em campo e consequentemente aumento de produtividade.

A aquisição de informação, análise e comunicação em tempo real é crítica para o rápido desenvolvimento do projeto. Felizmente estas ferramentas, fornecem uma resolução eficaz e eficiente.

Este método de trabalho revelou-se muito vantajoso para o processo de construção devido às imensas interações entre profissionais, informação, correções, verificações, tarefas existentes ao longo de um projeto.

6
CONCLUSÕES

6.1. CONCLUSÕES GERAIS

Considera-se que os objetivos desta dissertação, mencionados no primeiro capítulo, foram conseguidos. Relembra-se que os objetivos consistiam na introdução de tecnologias digitais da Construção 4.0 para o Controlo de Qualidade em Obra cuja análise e avaliação das respetivas consequências e alterações mostram um incremento numa escala de [0,5] de 2,58 para 3,71.

As primeiras semanas de trabalho iniciaram o primeiro e segundo capítulo, onde se definiu toda a metodologia criando uma estrutura que foi crescendo ao longo dos meses. Com toda a pesquisa realizada no segundo capítulo, encontrada em maior quantidade em documentos produzidos nos últimos anos, concluiu-se o interesse crescente e a curiosidade presente na temática de Construção 4.0, o que levou à escrita do terceiro capítulo.

No capítulo três, destinado à clarificação de conceitos relacionados, surgiu a ideia da metodologia utilizada e desenvolvida no quinto capítulo. O Quadro 7, que serviu como quadro-base para a pontuação, foi retirado de um artigo científico e enquadrado na avaliação individual de cada ficha auxiliando nas conclusões agora descritas.

Nos três meses de presença em obra, as vinte e oito fichas construídas com o auxílio do *software PlanRadar*, foram aplicadas oitenta e duas vezes às tarefas que se encontravam a decorrer, averiguando a existência de vantagens desta ferramenta digital. No Quadro 16, encontram-se as fichas elaboradas ao longo de todo o período de dissertação e o respetivo número de aplicações em obra.

Durante a utilização deste método de trabalho, existiu uma pesquisa e troca de informação com responsáveis pelo programa e com colegas familiarizados com o mesmo, de forma a retirar o máximo proveito possível e experimentando novas funcionalidades.

É de referir que cada ficha desencadeou a geração de um relatório.

Quadro 16: Número de Aplicações dos Formulários Executados

Fichas	Número de Aplicações em Obra
FCC – Fichas de Controlo de Conformidade	29
Fichas de Controlo e Correção de Não Conformidades	3
Ficha de Receção de Materiais	4
Fichas de Ensaios e Testes	4
Fichas de Patologias	4
Fichas de Gestão de Assuntos	38
TOTAL	82

Observando a versatilidade de fichas construídas e mencionadas no quadro anterior e remetendo para a avaliação e comentários elaborados no quinto capítulo, pode afirmar-se que, embora existindo ainda uma resistência por parte da maioria dos trabalhadores, a implementação destas ferramentas de Construção 4.0 são muito úteis, proporcionando um trabalho mais produtivo, alcançando maior qualidade.

Em seguida, na Figura 66, é apresentada a síntese de uma análise *SWOT* de forma a concluir tudo o que foi referido anteriormente.

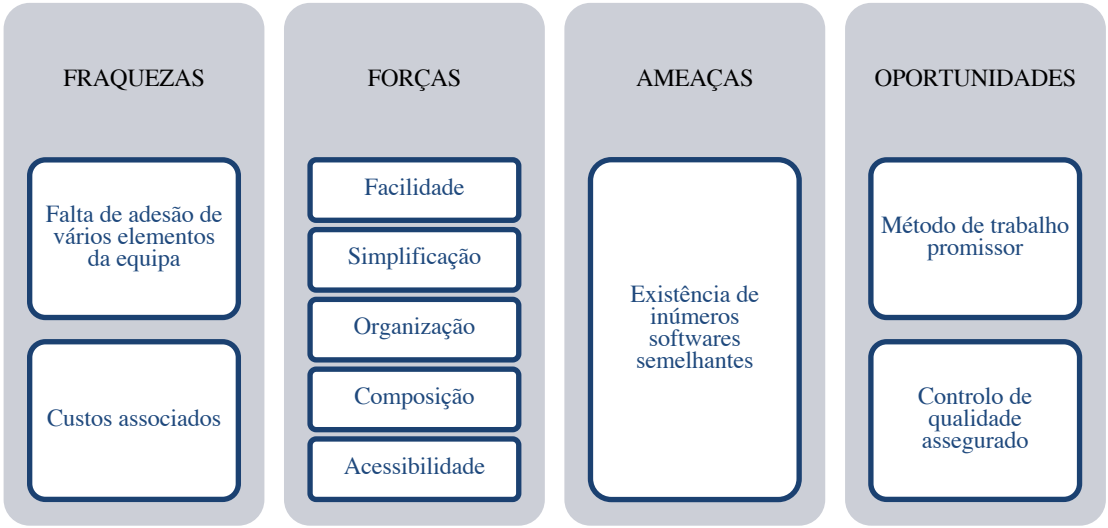


Figura 66: Análise *SWOT* do Processo Digital de Controlo da Qualidade Implementado

6.2. DIFICULDADES SENTIDAS

Uma vez que o ambiente em obra é complexo e muitas vezes as tarefas não ocorrem no período de tempo estipulado, não foi fácil a aplicação de tantas fichas quanto as espectáveis. Alguns formulários não foram aplicados pois as tarefas não entraram em obra quando previsto, sendo impossível o seu acompanhamento.

A autora deslocou-se à obra duas a três vezes por semana, o que não permitiu um acompanhamento direto e contínuo de todas as tarefas, dificultando a observação das tecnologias utilizadas em cada tarefa e a posterior construção dos formulários.

Conclui-se assim que o curto período de tempo de realização da dissertação inviabilizou de certa forma a aplicação da totalidade de fichas elaboradas.

A falta de modelos científicos e de informação, ainda que existentes em maior quantidade nos últimos anos, também constituiu uma barreira.

Outra dificuldade foi a aquisição do *software* e a sua utilização. Não foi possível obter a licença gratuita e mais avançada, e por isso a versão utilizada foi a *Basic*, limitando as funcionalidades e o número de utilizadores. A autora foi a única utilizadora desta versão na integridade.

Inicialmente existia a proposta de utilização do programa pela autora e por um elemento da empresa, no entanto, devido ao difícil acesso às versões que permitiam vários utilizadores globais, não foi possível a concretização desta ideia.

6.3. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

Este subcapítulo destina-se a todos os interessados no presente tema, que poderão desenvolver futuras investigações relacionadas com o mesmo, e a todos os responsáveis e utilizadores de ferramentas de Construção 4.0 semelhantes à utilizada.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, ocorreram ideias de estratégias relativas à execução das próprias fichas e propostas de melhoria para o *software* utilizado, o *PlanRadar*.

Começando pelas propostas para a execução dos formulários, é fundamental:

- Tecnologias com elevado grau de detalhe e conteúdo, de forma a ter uma informação completa sobre a tarefa a controlar;
- Descrição dos objetivos do que se está a controlar, para uma melhor perceção;
- No controlo dos materiais, a informação relativa à existência, ou não, de uma ficha de receção;
- Nas fichas de receção dos materiais, a verificação do local onde foi controlado o material, em obra ou nas instalações dos fornecedores;
- Controlo da funcionalidade/operacionalidade;
- Ligação à *cloud* onde é armazenada toda a informação relativa ao projeto para consulta de outros documentos.

Relativamente ao *PlanRadar* e com base nas dificuldades sentidas durante a utilização do mesmo, como propostas menciona-se:

- As notas e formulários que estão a ser realizados e por alguma razão são interrompidos, por exemplo com o início do trabalho *offline*, deveriam guardar de forma automática;
- Seria bastante útil se fosse permitida a fixação da mesma nota em vários pontos na planta;
- Dentro do mesmo formulário, a existência de ligações diretas para outra fichas;
- Funcionalidade de inserção das listas construídas em *Excel*, implementada a outros campos do formulário;
- Permitir a transferência de um *template* já existente e quando este fosse inserido, iniciavam-se perguntas sobre os diversos campos de forma a preenchê-los de forma automática perante a execução de tarefas. Assim conseguia-se aplicar a mesma ficha a diversas tarefas.

Seria interessante, num período de tempo mais alargado, inserir a utilização deste *software* de apoio em várias equipas de trabalho e analisar a avaliação final de cada uma. Concluindo se é ou não semelhante à que encontramos na presente dissertação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(De acordo com as Normas APA – *American Psychological Association)*

[1] Lekan, A., Clinton, A., Fayomi, O. S. I., & James, O. *Lean Thinking and Industrial 4.0 Approach to Achieving Construction 4.0 for Industrialization and Technological Development*. Buildings, 28 de Novembro de 2020, 10(12), 221.

[2] Osunsanmi, T. O., Aigbavboa, C. O., Emmanuel Oke, A., & Liphadzi, M. *Appraisal of Stakeholders' Willingness to Adopt Construction 4.0 Technologies for Construction Projects*. Built Environment Project and Asset Management, 10 de Março de 2020, 10(4), 547-565.

[3] Mostafa, K., & Hegazy, T. *Review of Image-Based Analysis and Applications in Construction*. Automation in Construction, Fevereiro de 2021, 122, 103516.

[4] O'Connor, J. T., & Koo, H. J. *Proactive Design Quality Assessment Tool for Building Projects*. Journal of Construction Engineering and Management, Fevereiro de 2021, 147(2), 04020174.

[5] London, K., Pablo, Z., & Gu, N. *Explanatory Defect Causation Model Linking Digital Innovation, Human Error and Quality Improvement in Residential Construction*. Automation in Construction, Março de 2021, 123, 103505.

[6] Wu, H., Zhong, B., Li, H., Guo, J., & Wang, Y. *On-Site Construction Quality Inspection Using Blockchain and Smart Contracts*. Journal of Management in Engineering, Novembro de 2021, 37(6), 04021065.

[7] Hasan, A., Ahn, S., Rameezdeen, R., & Baroudi, B. *Empirical Study on Implications of Mobile ICT Use for Construction Project Management*. Journal of Management in Engineering, Novembro de 2019, 35(6), 04019029.

[8] Huang, Y., Shi, Q., Pena-Mora, F., Lu, Y., & Shen, C. *Exploring the Impact of Information and Communication Technology on Team Social Capital and Construction Project Performance*. Journal of Management in Engineering, Setembro de 2020, 36(5), 04020056.

[9] Tayeh, R., & Issa, R. R. A. *Developing Construction Information Systems Courses Based on Collaboration between Industry and Academia*. Journal of Architectural Engineering, Setembro de 2021, 27(3), 04021016.

[10] Shohet, I. M., Wei, H.-H., Skibniewski, M. J., Tak, B., & Revivi, M. *Integrated Communication, Control, and Command of Construction Safety and Qualit*. Journal of Construction Engineering and Management, Setembro de 2019, 145(9), 04019051.

[11] Castillo, T., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. *Finding Differences among Construction Companies' Management Practices and Their Relation to Project Performance*. Journal of Management in Engineering, Maio de 2018, 34(3), 05018003.

[12] Alaloul, W. S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A., & Kennedy, I. B. *Industrial Revolution 4.0 in the Construction Industry: Challenges and Opportunities for Stakeholders*. Ain Shams Engineering Journal, Março de 2020, 11(1), 225–230.

[13] Sharma, A. K., Bhandari, R., Pinca-Bretotean, C., Sharma, C., Dhakad, S. K., & Mathur, A. *A Study of Trends and Industrial Prospects of Industry 4.0*. Materials Today: Proceedings, 2021, 47, 2364–2369.

[14] Perrier, N., Bled, A., Bourgault, M., Cousin, N., Danjou, C., Pellerin, R., & Roland, T. *Construction 4.0: A Survey of Research Trends*. Journal of Information Technology in Construction, 8 de Setembro de 2020, 25, 416–437.

[15] Karmakar, A., & Delhi, V. S. K. *Construction 4.0: What We Know and Where We Are Headed?*. Journal of Information Technology in Construction, 26 de Julho de 2021, 26, 526–545.

[16] Rodrigues, R.C., *Metodologia da Fiscalização de Obras*. Apontamentos da Unidade Curricular de Fiscalização de Obras, SCC, FEUP, Porto, 2020.

[17] Costa, J. M., *QCON 1, Qualidade de um Produto ou Serviço*. Apontamentos da Unidade Curricular de Qualidade na Construção, SCC, FEUP, Porto, 2019.

[18] Amorim Faria, J., *GOSE, Gestão de Obras e Segurança.* Apontamentos da Unidade Curricular de Gestão de Obras e Segurança, FEUP, Porto, 2018.

[19] GPRO, Apontamentos da Unidade Curricular de Gestão de Projetos, FEUP, Porto, 2019.

[20] http://www.lnec.pt/pt/servicos/marca-de-qualidade-lnec-mq-lnec/o-que-e-a-mq-lnec/, 18/10/2021.

[21] Low Sui Pheng & Darren Wee. *Impact of ISO 9000 on the Reduction of Building Defects*. Architectural Science Review, 2001. Citado da Tese de Bessa, R.M.S., *Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Controlo da Conformidade numa Aplicação WEB. SICCO – Sistema Integrado de Controlo de Conformidade em Obra.* [28]

[22] Arditi, D., Gunaydin, H.M. *Total quality management in the construction process.* International Journal of Project Management, 1997. Citado da Tese de Cidade, B.P.D., *Controlo de Qualidade em Obra. Digitalização de Processos.* [26]

[23] Costa, J.L.S., *Controlo e Garantia da Qualidade: Aplicação a Edifícios de Habitação.* Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1994. Citado da Tese de Cidade, B.P.D., *Controlo de Qualidade em Obra. Digitalização de Processos.* [26]

[24] Low, S.P., Yeo, H.C. *A construction quality costs quantifying system for the building industry.* International Journal of Quality & Reliability Management, 1998. Citado da Tese de Bessa, R.M.S., *Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Controlo da Conformidade numa Aplicação WEB. SICCO – Sistema Integrado de Controlo de Conformidade em Obra.* [28]

[25] Low, S.P. Wee, D. *Improving maintenance and reducing building defects through ISO 9000.* Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2001. Citado da Tese de Bessa, R.M.S., *Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Controlo da Conformidade numa Aplicação WEB. SICCO – Sistema Integrado de Controlo de Conformidade em Obra.* [28]

[26] Cidade, B.P.D., *Controlo de Qualidade em Obra. Digitalização de Processos.* Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2021.

[27] Henriques, C.D.S., *Digitalização do Controlo de Qualidade em Obra. Análise de Sistemas Informáticos.* Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2021.

[28] Bessa, R.M.S., *Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Controlo da Conformidade numa Aplicação WEB. SICCO – Sistema Integrado de Controlo de Conformidade em Obra.* Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.

[29] https://dicionario.priberam.org/prefabricação , 5/11/2021.

[30] https://pplware.sapo.pt/high-tech/a-maior-impressora-3d-da-europa-ajuda-a-criar-uma-casa-de-dois-andares/, 6/11/2021.

[31] https://www.planradar.com , 11/10/2021.

[32] https://www.engipar.com , 11/10/2021.

[33] http://bdjur.almedina.net/item.php?field=item_id&value=1105152 , 13/11/2021.

[34] https://www.lwtsistemas.com.br , 4/11/2021.

[35] https://www.atlantico.com.br/solucoes/sistemas-ciber-fisicos/ , 4/11/2021.

[36] https://i3csolucoes.com.br/como-funciona-o-rfid/ , 4/11/2021.

[37] https://www.datarain.com.br/blog/o-que-e-iot/ , 4/11/2021.

[38] https://www.construcaolatinoamericana.com/news/m-todo-modular/3144971.article, 5/11/2021.

[39] https://www.combrasen.com/como-a-utilizacao-de-drones-pode-te-ajudar-na-construcao-civil/ , 5/11/2021.

[40] https://ciencias.ulisboa.pt/en/node/13603 , 5/11/2021.

[41] https://genexatas.com.br/gerenciamento-projetos-com-bim/ , 5/11/2021.

[42] https://www.zoom.com.br/tablet-ipad/deumzoom/para-que-serve-como-usar-armazenamento-em-nuvem , 6/11/2021.

[43] https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2018/08/02/qual-e-o-papel-do-big-data-na-industria-4-0/ , 6/11/2021.

[44] https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/aplicativos-engenheiros/ , 6/11/2021.

ANEXOS

6.4. LISTAGEM DE ELEMENTOS EM ANEXO

A1	Relatório *Excel* – FCC Execução Base de Chuveiro	E – F
A2	Relatório *PDF* **–** Controlo e Correção de Não Conformidade do Revestimento da Piscina	G – L
A3	Relatório *PDF* **–** Receção da Tela de Impermeabilização para Base de Chuveiro	M – P
A4	Relatório *PDF* – Teste Cerâmico Casa de Banho	Q – V
A5	Relatório *PDF* – Humidade na Garagem	W – BB
A6	Relatório *PDF* – Guarda Entrada da Moradia	CC – HH
A7	Lista *Excel* Carpintarias	II – JJ
A8	Lista *Excel* Equipamentos	KK – LL
A9	Lista *Excel* Fichas	MM – NN
A10	Lista *Excel* Locais	OO – PP
A11	Lista *Excel* Mão de Obra	QQ – RR
A12	Quadros Descritivos de Pontuações	SS – BBB

D

A1. RELATÓRIO *EXCEL* – FCC EXECUÇÃO BASE DE CHUVEIRO

Em seguida encontra-se um exemplar das vinte e nove fichas de controlo de conformidade (FCC) aplicadas. As restantes não se encontram em anexo para evitar um excesso de documentos com a mesma estruturação.

Projeto	Projeto Tese
Formulário	FCC Execução Base de Chuveiro
Nota principal	
Título	Base de Chuveiro IS Cinema
Camada	Piso 0
Prioridade	
ID	144
Autor	Mafalda Lima / FEUP
Criado em	22/12/21
Data de vencimento	
Estado	Em curso
Objetivos do que estamos a controlar	Construção da base de chuveiro tendo em atenção a pendente, a colocação da grelha, do sistema de impermeabilização e do cerâmico.
Data de início	13/12/21
Produtividade	Picheleiro Bioargumento: Sr Vitor
Produtividade	Miguel Amarante
Materiais necessários	1. Tampa vermelha 2. Cimento cola 3. Lâmina impermeabilizaste flexível tipo Dry50 "REVESTECH" 4. Reforços cantos (DRY50 CORNERIN e DRY50 CORNEROUT) 5. Peça circular branca para proteger o cifao 5. Calha 6. Azulejo
Ficha de receção do sumidouro de nível	
Ficha de receção da tela de impermeabilização	Sim
Ficha de receção da grelha	
Ficha de receção do cerâmico	
Equipamento 1	Equipamentos de movimentação e transporte
Equipamento 2	Nível
Equipamento 3	Pistola de Silicone
Equipamento 4	Talocha
Execução de abertura no pavimento de 60 mm de profundidade para colocação do sumidouro e ligação com as condutas de drenagem de águas residuais	Conforme
Fazer a ligação do sifão á tubagem, e garantir as pendentes, protegendo o interior do sifão com a tampa vermelha que depois retiramos	Conforme
Estender uma camada fina de cimento cola com o nível de 4 mm e estender a lamina sobre o cimento cola	Conforme
Retirar a tampa vermelha e colocar a tela com o aro vulcanizado, assegurando que fica bem encaixada	Conforme
Verificar se a lamina está bem estendida e remover o ar que se possa ter formado, com a ajuda do nível	Conforme
Revestir a parede com a lamina DRY50, deixando uma sobreposição entre as laminas de, pelo menos, 5 cm	Conforme
Formar os cantos dobrando a lamina. Para um acabamento perfeito utilizar as peças pré-moldadas DRY50 CORNERIN e DRY50 CORNEROUT	Conforme
Proteger a entrada do sifão com a peça circular branca (para evitar que entre sujidade). Estender cimento cola C2 sobre a tela e colocar a calha linear no sifão	Conforme
Retirar a peça circular branca e proceder á aplicação do pavimento	
Colocar a calha da grelha linear sobre o sifão de escoamento e colar à lamina com cimento cola	
Colocar o azulejo sobre a calha. Utilizar um adesivo adequado para o efeito	
Antes da colocação do azulejo no chão, colocar o azulejo na calha, uma vez que a altura do pavimento tem que ser a mesma do azulejo da calha	
Proceder à aplicação do azulejo no chão e paredes, começando junto à calha	
Escoamento da água em direção à grelha	
Impermeabilização bem conseguida	
Base de chuveiro com atrito para evitar escorregamento e queda	
DropBox	
Ligar à nota	Ver Nota
	

A2. RELATÓRIO *PDF* – CONTROLO E CORREÇÃO DE NÃO CONFORMIDADE DO REVESTIMENTO DA PISCINA

Encontra-se em seguida, um exemplar de relatório de controlo e correção de não conformidade dos três realizados. Os restantes não se encontram em anexo para evitar uma redundância e repetição.

PROJETO TESE

Criado em: 31/12/2021 07:24 PM
Nome do projeto: Projeto Tese
Código do projeto:
Início do projeto:
Fim do projeto:

País: Portugal
Todas as notas: 1

Criado por: Mafalda Lima
Rua:
Código postal:
Cidade: Porto
Descrição do projeto: Obra em fase de acabamentos - Moradia Avintes
Website do projeto:
Notas abertas: 1

RELATÓRIO DE CONTROLO E CORREÇÃO DE NÃO CONFORMIDADE

O presente relatório serve como registo e análise da resolução e deteção de não conformidades existentes em obra.
Constituído por fotografias, localização em planta e pela descrição da patologia observável.

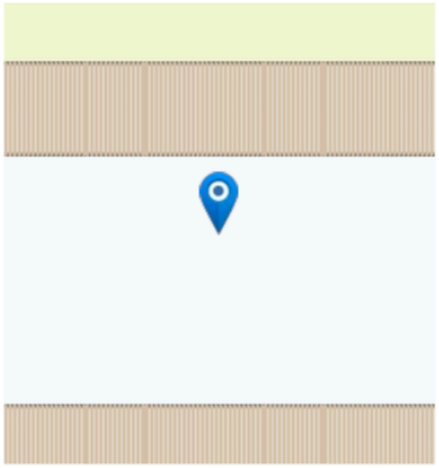
Projeto Tese

Formulário: Fichas de Controlo e Correção de Não Conformidade
Título: Não Conformidade Revestimento Piscina
Prioridade: Normal
Autor: Mafalda Lima
Data de detetação : 11/10/Segunda-feira
Órgão/local: Jardim exterior
Fase: Acabamentos

Nota principal: Piscina Revestimento
Camada: Exterior da Habitação
ID: 23
Estado: Em curso
Elemento/peça: Tela PVC piscina
Mão de Obra: Piscina Bruno
Data de correção e obtenção de conformidade:

DropBox:
https://www.dropbox.com/home/3.%20Moradia%20Avintes

Plano:





Descrição da não conformidade:

Na tela aplicada no dia 08/10/2021 e depois do posterior enchimento, são visíveis no revestimento a existência de foles.

No período noturno, com a iluminação da piscina ligada, as 3 riscas no fundo ainda são mais visíveis.

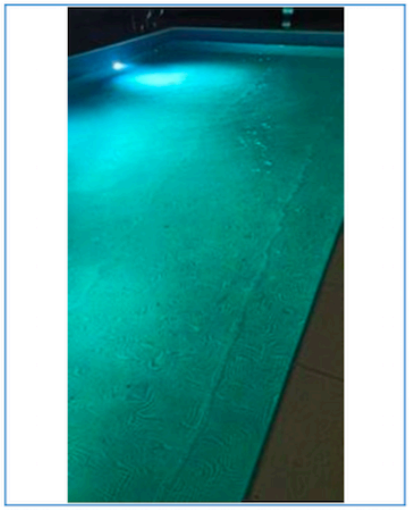
No último enchimento constatou-se também a existência de uma fuga de água no compartimento do rolo da tela. Na zona do tanque o nível da água desceu bastante no espaço de uma semana.

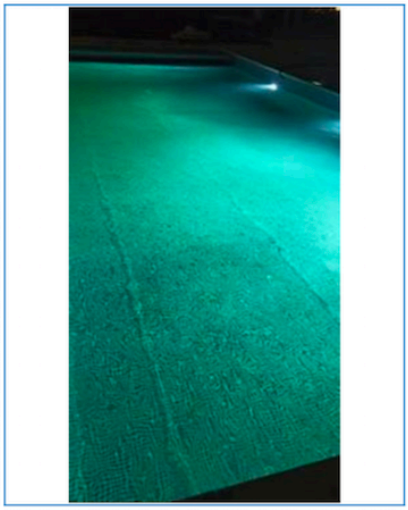
Descrição :

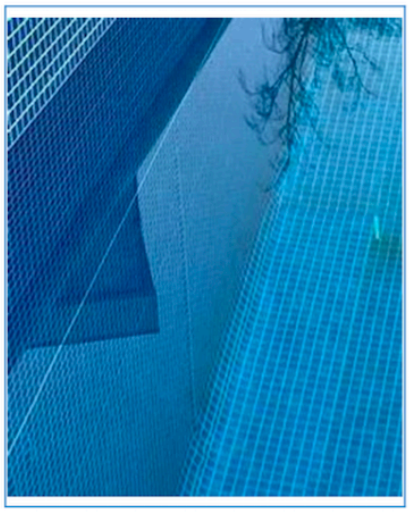
Dia 25/10 após reunião na obra , o Sr.Bruno tentou, recorrendo a um rolo de piscina, eliminar todas as juntas salientes. No entanto esta operação não teve efeito e a solução passara por voltar a soldar as juntas .
Relativamente à fuga , irá ser vista onde é que a tela se encontra levantada e proceder-se-á à sua fixação.

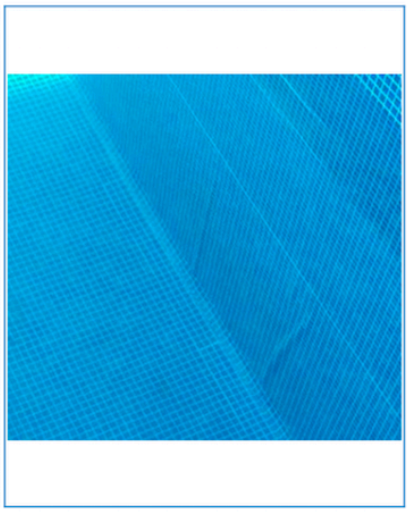
Projeto Tese

Imagens:



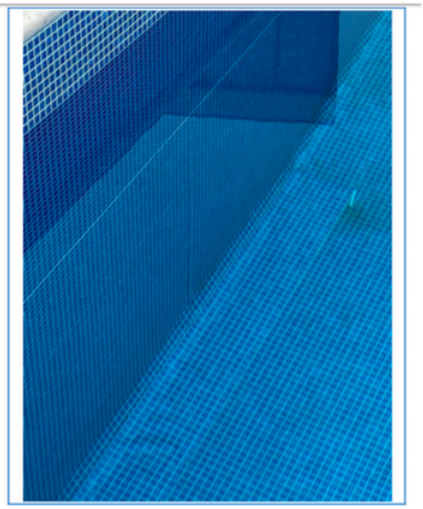
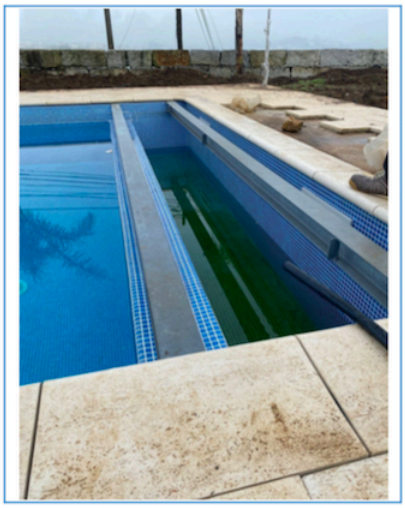
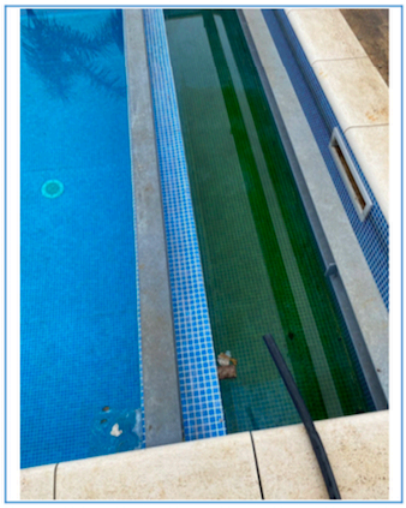
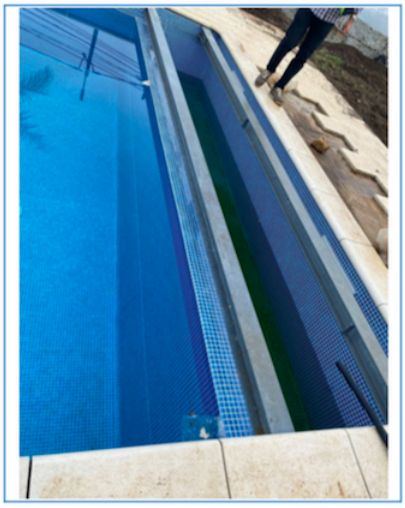




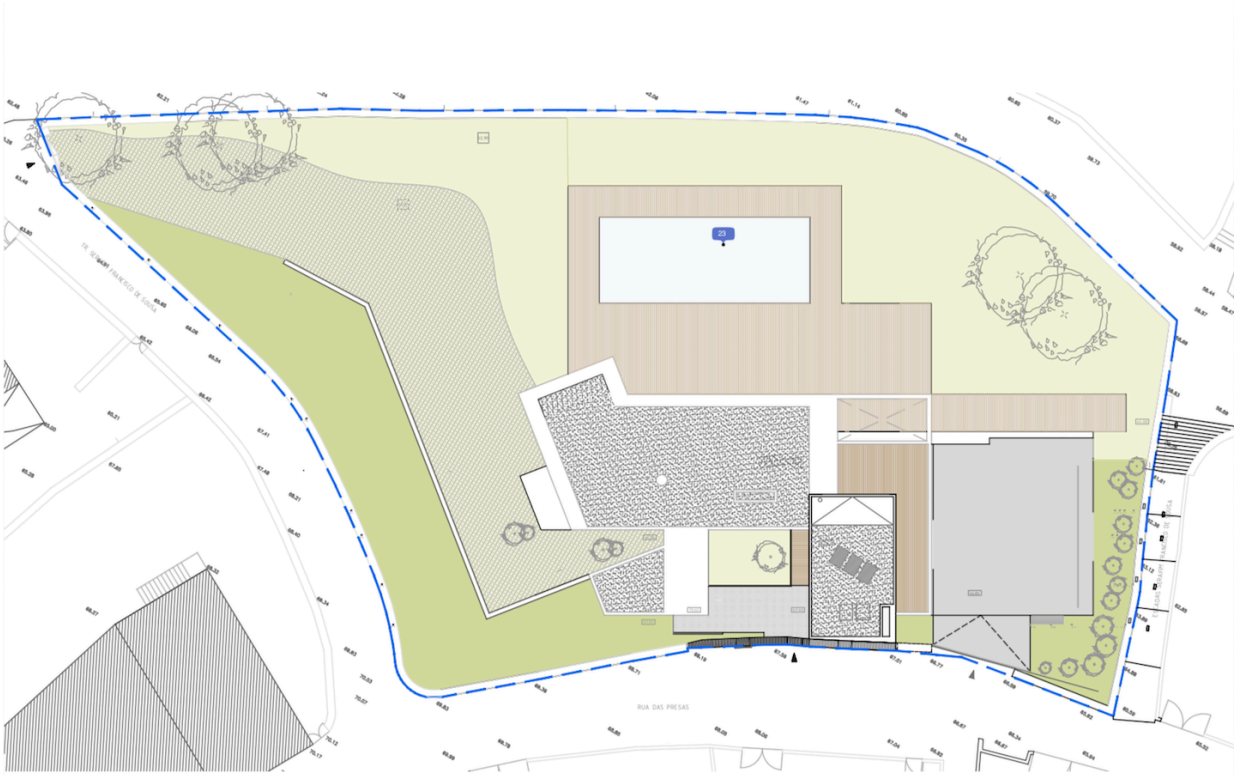


J

Projeto Tese

K



4/4

L

A3. RELATÓRIO *PDF* – RECEÇÃO DA TELA DE IMPERMEABILIZAÇÃO PARA BASE DE CHUVEIRO

No presente anexo encontra-se um exemplar de relatório de receção de materiais dos quatro realizados em obra. Este relatório é referente à receção de carpintarias. Os restantes não se encontram em anexo para evitar uma redundância e repetição de estrutura dos mesmos.

PROJETO TESE

Criado em: 31/12/2021 07:33 PM
Nome do projeto: Projeto Tese
Código do projeto:
Início do projeto:
Fim do projeto:

País: Portugal
Todas as notas: 1

Criado por: Mafalda Lima
Rua:
Código postal:
Cidade: Porto
Descrição do projeto: Obra em fase de acabamentos - Moradia Avintes
Website do projeto:
Notas abertas: 0

RELATÓRIO DE FICHAS DE RECEÇÃO DE CARPINTARIAS

O presente relatório serve para registo e controlo de receção de carpintarias que entram em obra.
Constituído por fotografias, localização em planta e pelo controlo dos materiais recebidos.

Projeto Tese

Formulário: Fichas de Receção de Carpintarias
Camada: Interior da Habitação
ID: 143
Estado: Fechado
Receção feita no local da obra: Sim

Carpintaria : Chuveiros
Marca : Revestech
Certificados/Ensaios: Sim

Quantidade : 4
Formato: Retangular
Material : Poliolefinas Termoplásticas
Revestimiento: Fibras no tejidas de poliester

Título: Tela de impermeabilização para base de chuveiro
Prioridade: Normal
Autor: Mafalda Lima
Data de Receção : 20/12/Segunda-feira
Receção feita nas instalações da respetiva carpintaria: Não
Local de instalação: IS (todas)
Referência : Dry50 Linear 5
Certificados/Ensaios : EN 1849-2, EN 1928 Metodo B, Columna de água, Estable a los produtos normalmente utilizados con los revestimentos cerâmicos, marcação CE

Dimensões : 1,2x2,00
Cor: Amarelo
DropBox:
https://www.dropbox.com/home/3.%20Moradia%20Avinte

Não foi definida a posição do plano

Observações :

Constituída por:
1- tela flexível para a impermeabilização das bases de duche, paredes e chão
2- reforços impermeáveis para ângulos
3- reforço impermeável para tubagem
4- faixa impermeável para juntas

Imagens:



O

Projeto Tese

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data:

P

A4. RELATÓRIO *PDF* – TESTE CERÂMICO PARA BASE DE CHUVEIRO

Em seguida observa-se um exemplar dos quatro relatórios de testes existentes. Optou-se por não colocar os restantes em anexo para evitar uma redundância e repetição de tema de fichas.

PROJETO TESE

Criado em: 31/12/2021 07:07 PM
Nome do projeto: Projeto Tese
Código do projeto:
Início do projeto:
Fim do projeto:

País: Portugal
Todas as notas: 1

Criado por: Mafalda Lima
Rua:
Código postal:
Cidade: Porto
Descrição do projeto: Obra em fase de acabamentos - Moradia Avintes
Website do projeto:
Notas abertas: 1

RELATÓRIO DE ENSAIOS E TESTES

O presente relatório serve para registo e análise dos ensaios e testes realizados em obra.
Constituído por fotografias, localização em planta e pela descrição do ensaio realizado.

Projeto Tese

Formulário: Ensaios e Testes
Camada: Interior da Habitação
ID: 40
Data de realização: 22/10/Sexta-feira

Título: Teste Azulejo para Base de Chuveiro
Prioridade: Normal
Autor: Mafalda Lima
DropBox:
https://www.dropbox.com/home/3.%20Moradia%20Avinte

Não foi definida a posição do plano

Descrição :

O objetivo deste teste era, seguindo o mesmo princípio utilizado muitas vezes no vidro, criar uma espécie de atrito no material em questão para que se pudesse utilizar o mesmo na base do chuveiro eliminando a possibilidade de escorregamento na hora do banho.
Para tal colocou-se o produto Derrap' Net e deixou-se aturar entre 10 minutos a 12 minutos.

Resultados :

O material deixou de ser totalmente polido. Criou uma rugosidade tornando o material antiderrapante e possibilitando a sua utilização também em base de chuveiro.

Observações :

Executado pelo Sr. Vitor . Picheleiro.

Imagens:





Projeto Tese







T

Projeto Tese

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data:

U

A5. RELATÓRIO *PDF* – HUMIDADE NA GARAGEM

O quinto anexo constituí um exemplar dos quatro relatórios de patologias realizados. Os restantes não se encontram em anexo para evitar um número excessivo de fichas com o mesmo formato.

PROJETO TESE

Criado em: 31/12/2021 07:28 PM
Nome do projeto: Projeto Tese
Código do projeto:
Início do projeto:
Fim do projeto:

País: Portugal
Todas as notas: 1

Criado por: Mafalda Lima
Rua:
Código postal:
Cidade: Porto
Descrição do projeto: Obra em fase de acabamentos - Moradia Avintes
Website do projeto:
Notas abertas: 0

RELATÓRIO DE FICHAS DE PATOLOGIAS

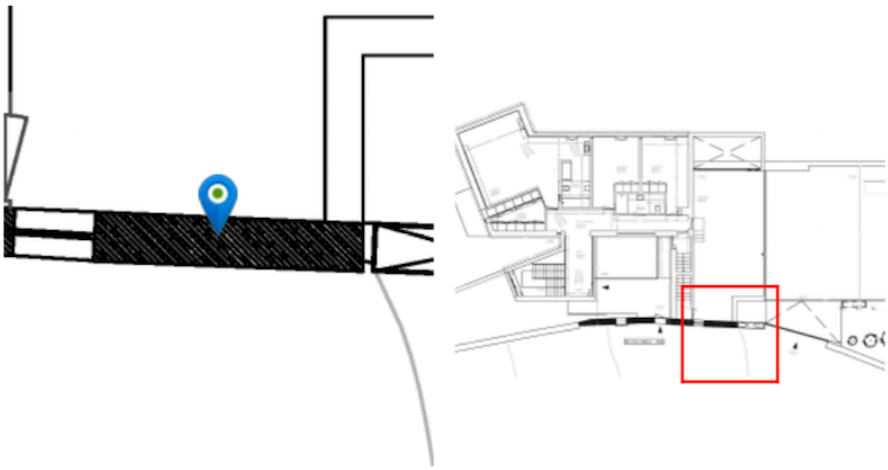
O presente relatório serve para registo e análise das patologias existentes em obra. Constituído por fotografias, localização em planta e pela descrição da patologia observável.

Projeto Tese

Formulário: Patologias
Camada: Piso 1
Autor: Mafalda Lima
Estado: Resolvido
DropBox:
https://www.dropbox.com/home/3.%20Moradia%20Avintes

Título: Garagem - Humidade
ID: 107
Data de vencimento: 15/11/Segunda-feira
Data de início: 11/10/Segunda-feira

Plano:



Descrição da Patologia :

Aparecimento de manchas de humidade nas paredes da garagem.
Após a realização de um ensaio com o higrómetro digital foi notável a existência de humidade presente na parede.

Causas da Patologia:

Humidade ascensional.

Solução Aplicada :

A solução passa pela colocação de tela pitonada com abertura superior e inferior para a circulação de ar.

Imagens:

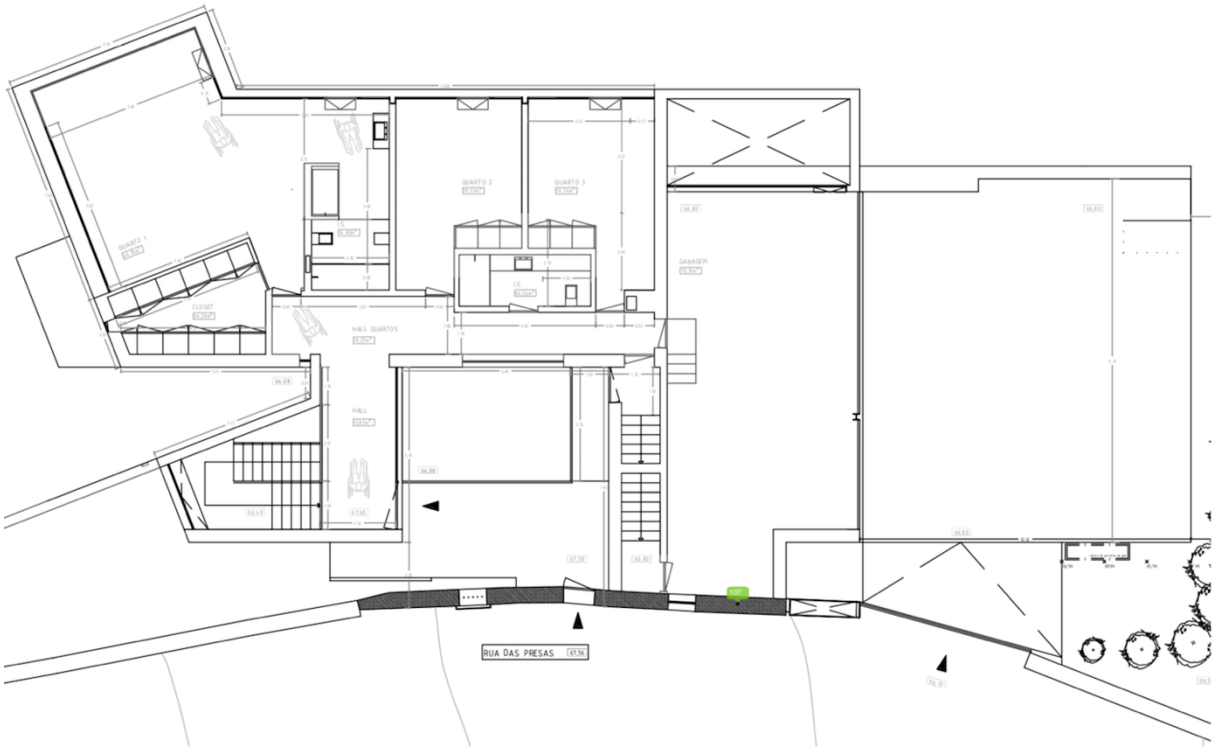
Y

Projeto Tese





Z


QUARTO 1
QUARTO 2
QUARTO 3
CLOSET
HALL QUARTOS
HALL
LS.
GARAGEM
RUA DAS PRESAS
107

3/4

AA

Projeto Tese

Observações:

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data

A6. RELATÓRIO PDF – GUARDA ENTRADA DA MORADIA

Em seguida observa-se um exemplar dos trinta e oito relatórios de gestão de assuntos executados durante a permanência da autora em obra. Os restantes não se encontram em anexo para evitar uma sobrecarga destes relatórios com formatação semelhante e repetitiva.

PROJETO TESE

Criado em: 06/01/2022 06:05 PM
Nome do projeto: Projeto Tese
Código do projeto:
Início do projeto:
Fim do projeto:

País: Portugal
Todas as notas: 1

Criado por: Mafalda Lima
Rua:
Código postal:
Cidade: Porto
Descrição do projeto: Obra em fase de acabamentos - Moradia Avintes
Website do projeto:
Notas abertas: 1

RELATÓRIO DE GESTÃO DE ASSUNTOS

O presente relatório serve para registo dos assuntos que surgem em obra. Constituído por fotografias, localização em planta e pela descrição dos assuntos existentes em obra.

Projeto Tese

Formulário: Gestão de Assuntos
Camada: Exterior da Habitação
ID: 85
Estado: Em curso
Elemento/Local: Rampa da entrada da habitação
DropBox:
https://www.dropbox.com/home/3.%20Moradia%20Avintes

Título: Guarda na Rampa de Acesso Exterior
Prioridade: Normal
Autor: Mafalda Lima
Data de início: 29/10/Sexta-feira
Mão de Obra :

Plano:





Descrição:

Execução de uma Barra 60x8 metalizado pintada com a cor 100 sable da Sosoares.

Altura: 100cm
Afastamento entre verticais: 15cm (mínimo exigido 13 cm para proteção de crianças)
Largura: 2,17m (medida do muro ao topo do lancil)
Inclinação: 11 graus

Imagens:

EE

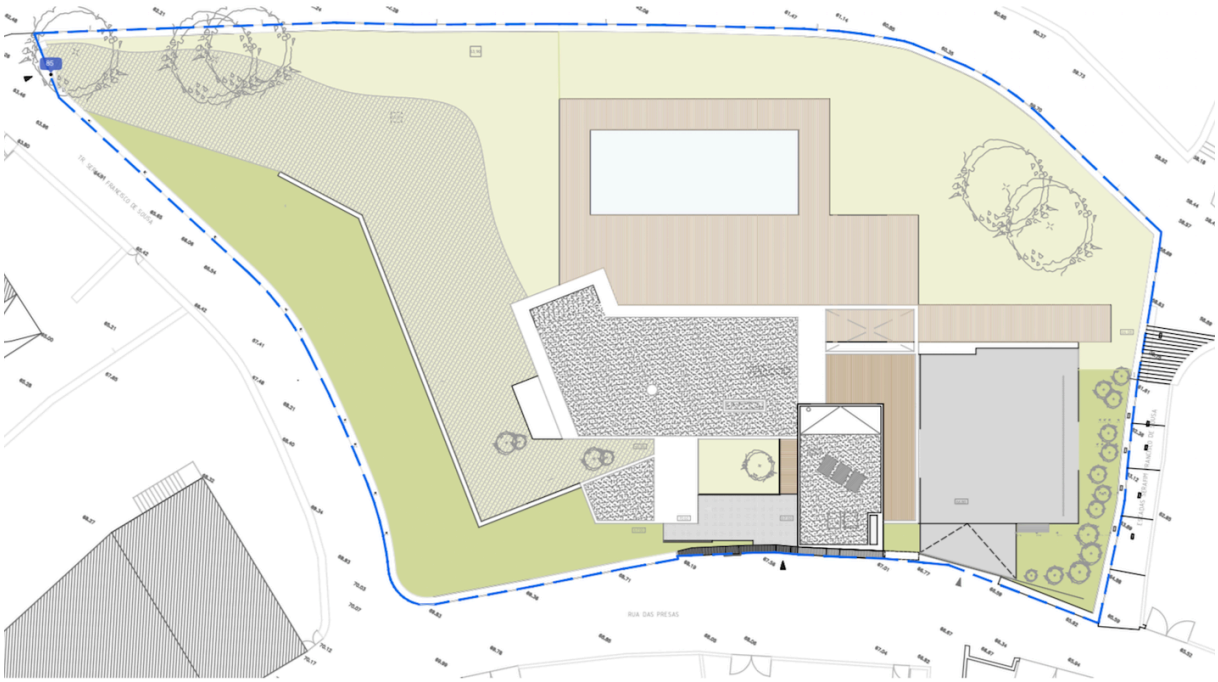
Projeto Tese







FF



3/4

Projeto Tese

Observações:

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data:

Assinatura:
Data:

HH

A7. LISTA *EXCEL* CARPINTARIAS

O presente anexo é constituído por uma lista construída em *Excel* e importada para o *software* de utilização para facilitar a constituição da mesma no programa e a posterior associação de conceitos.

CARPINTARIAS
Apainelados Paredes
Apainelados Vãos Exteriores
Armário (Closet)
Armário Escritório
Armário Roupeiro
Armário Técnico
Balde do Lixo
Biombo
Canto Mágico
Chuveiros
Deck
Despenseiro
Escada (Espelhos)
Escada (Patamares)
Escada (Patins)
Escada Tronco
Forno
Frigorifico
Garrafeira
Guarda
Lavandaria
Misturadora
Máquina de Lavar Loiça
Máquina de Lavar Roupa
Máquina de Secar Roupa
Móveis de Casa de Banho
Parede Caixa Forte
Pio
Placa de Indução com Exautor
Porta Corta-Fogo
Porta de Abrir
Porta de Correr
Porta Talhares
Porta Óleos / Especiarias
Rodapé
Soalho
Soliera Caixilho
Tampo Despensa
Tampo Lavandaria
Tampos e Revestimentos Parede
Tomadas
Vitral

A8. LISTA *EXCEL* EQUIPAMENTOS

KK

Tal como o anexo anterior, o presente é constituído pela lista de equipamentos utilizados em obra, construída em *Excel*, importada para o *software* de utilização para facilitar a constituição da mesma no programa e a posterior associação de conceitos.

EQUIPAMENTOS
Aindaime
Alicate
Aparafusador
Berbequim
Broca
Camião de Betonagem
Chave aperta-tubos
Chave de fendas
Chave-inglesa
Colher de trolha/pedreiro
Equipamento de escavação
Equipamento de Jardinagem
Equipamento para bombagem de betão
Equipamento para soldar a quente
Equipamentos de movimentação e transporte
Escadote
Espátula
Extensor de rolo
Fita-Métrica
Mala de carpinteiro
Mala de eletricista
Mala de picheleiro
Mala de pintor
Martelo
Nível
Pistola de Silicone
Rolos de pintura
Régua de Esquadria
Serra
Talocha
Trincha larga
X-Ato

A9. LISTA *EXCEL* FICHAS

Devido ao extenso número de fichas criadas, optou-se pela realização de uma lista em *Excel* e pela importação da mesma para o *software* de utilização. Esta lista encontra-se no presente anexo.

FICHAS
Ensaio de Condutas à Pressão
Ensaio Dreno Humidade Sala Cinema
FCC Base Chuveiro IS Apoio Quartos
FCC Apainelados
FCC Armários
Fcc Base Chuveiro IS Suite
FCC Capoto
FCC Chuveiro IS APOIO
FCC Deck
FCC Escadas
FCC Estrutura da Piscina
FCC Jardim Exterior
FCC Jardim Interior
FCC Membrana Ventilada para Paredes Húmidas
FCC Móveis
FCC Parede Despenseiro
FCC Pavimentos
FCC Pinturas
FCC Piscina Parte Elétrica
FCC Piscina Parte Hidráulica
FCC Pladur Cozinha - Teto Falso
FCC Pladur Parede Despenseiro
FCC Pladur Parede Escadas Piso 0
FCC Pladur Parede Escritório
FCC Pladur Parede Hall Quartos
FCC Pladur Parede Quarto 1
FCC Pladur Parede Quarto 2
FCC Pladur Parede Suite
FCC Pladur Sala - Teto Falso
FCC Portas
FCC Reboco de Parede
FCC Reboco Parede Despenseiro
FCC Reboco Parede Escada Piso 0
FCC Reboco Parede Escritório
FCC Reboco Parede Hall Quartos
FCC Reboco Parede Quarto 1
FCC Reboco Parede Quarto 2
FCC Reboco Parede Suite
FCC Receção Chuveiro Embutido no Teto Falso
FCC Receção Deck
FCC Receção Primário SALITRE SEALER
FCC Revestimento Piscina
FCC Sistema de Rega
Higrómetro
Não Aplicável
Patologia : Garagem - Humidade
Patologia: Garagem - Humidade e Dilatações
Patologia: Humidade Parede Exterior Sala de Cinema
Teste Azulejo para Base de Chuveiro

A10. LISTA *EXCEL* LOCAIS

Com o objetivo de facilitar e de agilizar o trabalho no *software* e tirando proveito de uma das capacidades de inserção de ficheiros *Excel* no mesmo, o presente anexo é constituído por uma lista com as divisões da moradia.

LOCAIS
Acesso Piso 0
Acesso Piso 1
Caixa Forte
Closet
Cozinha
Escadas
Escritório
Exterior da Habitação
IS (todas)
IS Apoio Quartos
IS Cinema
IS Social
IS Sótão
Jardim Interior
Lavandaria
Parede Escritório
Parede Jardim Interior
Parede Virada ao Muro
Paredes Viradas ao Churrasco
Piscina
Piso 0
Piso 1
Piso 2
Piso Inferior
Piso Superior
Quarto 1
Quarto 2
Saguão
Sala de Cinema
Suite
Sótão
Varanda

A11. LISTA *EXCEL* MÃO DE OBRA

O presente anexo é constituído por uma lista realizada em *Excel* com todos os elementos de mão de obra presentes em obra, que posteriormente foi importada para o *software* de utilização para facilitar toda a associação aos campos dos formulários.

MÃO DE OBRA
Arqº Hugo
Carpinteiro Amilcar
Carpinteiro EMME - Arqº João
Cimaca -Pedro
Eletricista Armando
Empresa Calandra Neves
Jardins Tesouro - Encarregado Ramos
Miguel Adriano Costa
Miguel Amarante
Pedreiro José Silva Amarante
Picheleiro Bioargumento: Sr Vitor
Pintura Mário
Piscina Bruno
Serralheiro Nelson Mota
Sr. Abilio Pladur
Sr. Amilcar Pladur
Tony Alarmes

A12. QUADROS DESCRITIVOS DE PONTUAÇÕES

O presente anexo é constituído pelos restantes trinta quadros de pontuações utilizados na conclusão de toda a investigação e estudo realizados. Optou-se pela colocação em anexo para que o capítulo cinco, onde apenas existe um quadro exemplo, não ficasse sobrecarregado.

1. Acesso Instantâneo à Informação

1	Não aplicável, acesso à informação demorado ou sem acesso;
2	Acesso à informação marginalmente melhorado, mas ainda demorado, não incentivando a utilização;
3	Acesso à informação mais imediato, mas ainda com limitações;
4	Acesso à informação rápido, a revelar ganhos significativos relativamente ao acesso à informação através de outros procedimentos;
5	Imprescindível para aceder à informação no momento.

2. Acesso a Dados Meteorológicos

1	Sem acesso a dados meteorológicos, não aplicável;
2	Acesso a dados meteorológicos marginalmente melhorado, lento, sem atualizações e para um período de tempo reduzido;
3	Acesso parcial a dados meteorológicos ainda com limitações relativas às previsões;
4	A revelar ganhos significativos relativamente ao acesso aos dados meteorológicos através de outras formas, mais rápidos, com mais informação e com períodos de tempo alargados.
5	Imprescindível. Fornece informação completa, detalhada e atualizada para períodos de tempo de longa duração. Informação atualizada ao momento.

3. Acessibilidade Instantânea dos Membros da Equipa

1	Não aplicável, sem acesso instantâneo de todos os elementos da equipa;
2	Acesso de todos os elementos da equipa marginalmente melhorado, mas não pode ser realizado no momento, informação incompleta. Não é atualizado no momento, demora algum tempo.
3	Acesso parcial com impedimentos para a acessibilidade instantânea;
4	A revelar ganhos significativos relativamente ao acesso através de outras formas;
5	Imprescindível para que exista um acesso imediato de todos os membros da equipa.

4. Melhor Comunicação entre as Equipas de Projeto

1	Não permite a comunicação entre equipas, não aplicável;
2	Comunicação entre equipas marginalmente melhorada, mas não utilizada pela maioria, não justifica a utilização;
3	Melhoria parcial na comunicação entre equipas, mas com existência de algumas barreiras de partilha de informação no momento;
4	A revelar ganhos significativos relativamente à comunicação através de outras formas, devido às diversas possibilidades de comunicação através de áudios, vídeos, imagens, entre outras;
5	Imprescindível para a melhoria da comunicação entre equipas de projeto, utilização global de todos os intervenientes, permite a comunicação e a troca de informação no momento, independente do local onde se encontrem.

5. Capacidade de obtenção de mais dados

1	Sem capacidade de obtenção de dados, não aplicável;
2	Obtenção de dados marginalmente melhorada, no entanto, continua muito demorada e por isso pode prescindir-se;
3	Obtenção parcial de dados, melhorada, mas com impedimentos, incompleta e por vezes demorada;
4	A revelar ganhos significativos relativamente à obtenção de dados através de outras formas, mais completa, mais instantânea;
5	Imprescindível para a obtenção de mais dados, mais completos, em maior quantidade e de forma mais rápida e instantânea.

6. Maior flexibilidade de trabalho

1	Complexidade excessiva no trabalho, inexistência de flexibilidade, não percetível para os intervenientes;
2	Trabalho pouco flexível, baixa percentagem de aquisição por parte dos elementos da equipa;
3	Sem revelar grande implementação por alguns trabalhadores, flexibilidade pontual;
4	Flexibilidade no trabalho, implementação e utilização pela maioria da equipa motivados pelos benefícios oferecidos;
5	Utilização por toda a equipa proporcionando um trabalho flexível.

7. Fluxo instantâneo de informação

1	Não aplicável, não é possível transmitir a informação no momento;
2	Fluxo de informação marginalmente melhorado, maior facilidade no processo de transferência de informação, mas demorado;
3	Fluxo de informação melhorado parcialmente a nível de conteúdo, mas sem revelar grandes melhorias em rapidez;
4	A revelar ganhos significativos relativamente a outras formas, mais rápido, completo e inovador.

5	Imprescindível para um fluxo de informação instantâneo, com diversas formas de transmissão de informação e completo.

8. Tentação de verificação com frequência

1	Verificações sistemáticas de uma tarefa, provocando atrasos relativamente a outras de maior importância;
2	Verificação com alguma frequência, provocando alguma distração em relação a outras;
3	Tentação de verificação, sem revelar grandes interferências no trabalho e em tarefas associadas;
4	Verificações pontuais, sem interferir em tarefas relacionadas;
5	Não aplicável, inexistência de verificações com frequência.

10. Relatórios instantâneos de inspeção

1	Não aplicável, relatórios não podem ser executados no momento;
2	Marginalmente mais simples de realizar, mas ainda demorados;
3	Parcialmente mais rápidos, mas ainda sem revelar grandes melhorias comparativamente aos relatórios tradicionais;
4	A revelar ganhos significativos relativamente a outras formas de execução de relatórios mais lentas, mais completos e práticos;
5	Imprescindível para a execução instantânea de relatórios completos, práticos, inovadores e organizados.

11. Troca simplificada de informação

1	Não aplicável, troca de informação não simplificada, demorada, incompleta e sujeita a incoerências;
2	Troca de informação marginalmente simplificada, mas incompleta, com incoerências e incompatibilidades;
3	Troca de informação simplificada parcialmente, útil, mas sem revelar capacidades especiais de coerência ou de atualização melhorada;
4	Troca de informação simplificada, muito útil, a revelar ganhos significativos relativamente a outras formas, atualizada impedindo incompatibilidades e completa;
5	Imprescindível para uma troca simplificada da informação, completa, com acesso de todos os intervenientes, coerente e de fácil perceção de todas as partes.

12. Melhoria na execução dos relatórios

1	Não aplicável, não permite a execução de relatórios;
2	Relatórios marginalmente melhorados, no entanto, muito semelhantes aos tradicionais, demorados, complexos e desorganizados;
3	Melhorados parcial, sem revelar grandes melhorias de conteúdo e organização;

4	Relatórios muito úteis, com ganhos significativos relativamente a outras formas de execução, mais completos e organizados.
5	Imprescindível para a execução de relatório, muito completos, organizados permitindo a introdução de informação através de métodos complementares como fotografias, vídeos, áudios, entre outros.

13. Disponibilidade de dados relevantes na nuvem para acesso remoto

1	Não aplicável, sem armazenamento em nuvem;
2	Armazenamento em nuvem marginalmente melhorado, mas com limitações de acesso e de quantidade de informação;
3	Armazenamento em nuvem melhorado parcialmente, sem revelar capacidades especiais de quantidade de informação e de facilidade de acesso;
4	Disponibilidade de dados na nuvem com ganhos significativos relativamente a outras formas de armazenamento de informação, permite uma maior quantidade de documentos, de fácil acesso desde que exista uma conexão com a internet;
5	Imprescindível para um acesso remoto a dados, grande capacidade de armazenamento, simplificado, de fácil acesso com ligação à internet ou sem, acessível a todos.

14. Processo de tomada de decisão mais rápido

1	Não aplicável, não contribui para o processo de decisão;
2	Marginalmente melhorado, mas ainda contribuiu para um processo de decisão lento, originando posteriores dúvidas;
3	Processo de decisão melhorado parcialmente, mas sem revelar grandes vantagens de rapidez e de análise;
4	Processo de decisão bastante mais ágil, rápido, com uma análise mais completa, obtendo ganhos significativos relativamente a outros processos que auxiliam no procedimento de decisão;
5	Imprescindível para uma tomada de decisão mais rápida, organizada, completa e que não suscita posteriores dúvidas ou incoerências.

15. Melhor resposta às disposições contratuais

1	Não aplicável, não responde a disposições contratuais;
2	Resposta às disposições contratuais marginalmente melhorada, sem constituir uma funcionalidade essencial;
3	Resposta às disposições contratuais melhorada parcialmente, mais clara, mas sem revelar grandes benefícios;
4	Resposta às disposições contratuais a revelar ganhos significativos relativamente a outras formas de resposta, mais organizadas, claras e completas;
5	Imprescindível, resposta às disposições contratuais mais rápida, simples, completa, organizada e com a possibilidade de associação a assuntos relacionados.

16. Esclarecimento/Correção instantânea de desenhos

1	Não aplicável, não permite a introdução de desenhos;
2	Esclarecimento e correção marginalmente melhorados de desenhos, mas sem a possibilidade de realizar a qualquer momento, em qualquer local, apenas permite a sinalização;
3	Melhoria parcial de esclarecimentos e correções de desenhos, sem revelar grandes vantagens em relação aos métodos típicos sem portabilidade, permitindo apenas anotações.
4	Esclarecimento e correção a revelar ganhos significativos relativamente a outras formas, independente do local de trabalho, permitindo alterações e anotações.
5	Imprescindível para o esclarecimento e correção de informação de desenhos, instantaneamente, sem depender do local, permitindo anotações e alterações, guardando a versão anterior.

17. Comunicação irrelevante/desnecessária

1	Comunicações irrelevantes sistemáticas, interferindo de forma negativa com o trabalho;
2	Comunicações irrelevantes com alguma frequência, provocando desconcentração ou atraso em trabalhos;
3	Comunicações desnecessárias pontuais, sem revelar grandes interferências no trabalho;
4	Número reduzido de comunicações irrelevantes, sem consequências negativas como atrasos ou trabalhos pendentes;
5	Não aplicável, inexistência de comunicações desnecessárias.

18. Distração

1	Distrações sistemáticas, comprometendo o decorrer de tarefas;
2	Distrações com alguma frequência, provocando atrasos e desconcentração em outros trabalhos;
3	Distrações pontuais, sem revelar interferências negativas no trabalho;
4	Número reduzido de distrações, sem comprometer o trabalho em curso;
5	Não aplicável, sem distrações.

19. Menos Documentos em Papel

1	Não aplicável, excesso de documentos em papel;
2	Redução marginal na quantidade de documentos em papel, mas ainda em grande quantidade, utilização maioritária de documentos escritos em papel ou impressos;
3	Melhoria parcial na quantidade de documentos em papel, redução na quantidade de documentos em papel, mas ainda sem revelar uma evolução significativa para o formato digital;

4	Grande redução de documentos em papel, existência maioritariamente de documentos em formato digital, com ganhos significativos relativamente à organização, simplificação e armazenamento da informação;
5	Imprescindível para a redução de documentos em papel, sem necessidade de recorrer a documentos físicos, possibilidade de compilar toda a informação em formato digital, facilitando a organização, a transferência de informação e a procura da mesma.

20. Uso pessoal de redes sociais/internet

1	Uso pessoal das *TIC* sistematicamente, provocando distrações e consequentemente atrasos em tarefas;
2	Uso pessoal das *TIC* com alguma frequência, levando a distrações e originando trabalhos pendentes;
3	Utilizações pessoais pontuais das *TIC*, sem revelar grandes interferências no trabalho;
4	Utilizações pessoais reduzidas das *TIC*, sem interferir em tarefas;
5	Não aplicável, sem utilizações das *TIC* para proveito pessoal.

21. Maior velocidade de construção

1	Não aplicável, velocidade de construção não corresponde ao planeamento, projeto com atrasos.
2	Aumento marginal da velocidade de construção, mas ainda com incompatibilidades com o planeamento e atrasos significativos;
3	Aumento parcial na velocidade de construção, ainda sem revelar grandes avanços em relação ao planeamento, mas com poucos atrasos;
4	Grande velocidade de construção com ganhos significativos de otimização de tempo e cumprimento de prazos estabelecidos;
5	Imprescindível para um aumento de velocidade de construção, otimizando o tempo de construção, cumprindo o planeamento, sem atrasos e adiantamentos em algumas tarefas.

22. Melhor relacionamento no trabalho entre equipas

1	Não aplicável, sem interferência ou fornecimento de vantagens relativas ao relacionamento do trabalho entre equipas;
2	Melhoria marginal no relacionamento entre equipas de trabalho, com existência de problemas de comunicação entre intervenientes com diferentes conhecimentos, diferentes linguagens e experiências;
3	Melhoria parcial no relacionamento entre equipas de trabalho, ainda sem revelar grandes mudanças a nível de comunicação ou vantagens significas de otimização de trabalho;
4	Melhoria no relacionamento no trabalho entre as equipas proporcionando ganhos significativos relativamente à comunicação e transferência de informação e consequentemente maior agilidade de trabalho e conformidade para obtenção de qualidade;

5	Imprescindível para uma boa comunicação no trabalho entre equipas, permitindo uma comunicação e transferência de informação entre todas as equipas participantes de forma a estarem todas em conformidade e permitindo um esclarecimento instantâneo de dúvidas.

23. Poupança de custos

1	Não aplicável, sem poupança de custos;
2	Redução marginal dos custos, mas em quantidade não significativa, sem vantagens orçamentais, possibilidade de aumento de outros custos.
3	Redução parcial nos custos, ainda sem revelar grandes benefícios globais, revela apenas vantagens sobre tarefas;
4	Grande redução nos custos com ganhos significativos no orçamento global;
5	Imprescindível para poupança de custos, valor final global inferior ao esperado.

24. Melhor gestão de materiais

1	Não aplicável, não interfere na gestão de materiais;
2	Melhoria marginal na gestão de materiais, no entanto não é essencial, podia prescindir-se;
3	Melhoria parcial na gestão de materiais, ainda sem revelar grande organização na informação sobre o mesmo;
4	Melhoria na gestão de materiais com ganhos significativos, organização da informação sobre cada material, características, tecnologias de aplicação, ensaios, informação de receção e do fornecedor;
5	Imprescindível para uma boa gestão de materiais, permite uma análise comparativa de mercado sobre o material assim como toda a informação relativa ao material e o respetivo fornecedor.

25. Alterações frequentes nos desenhos

1	Não aplicável, não permite a introdução de desenhos;
2	Alterações de desenhos marginalmente melhoradas, mas sem a possibilidade de realizar a qualquer momento, em qualquer local, apenas permite a sinalização;
3	Melhoria parcial na realização de alterações nos desenhos, sem revelar grandes vantagens em relação aos métodos típicos sem portabilidade, permitindo apenas anotações.
4	Realização de alterações a revelar ganhos significativos relativamente a outras formas de obtenção de informação, independentemente do local de trabalho, permitindo alterações e anotações.
5	Imprescindível para a alteração em desenhos, instantaneamente, sem depender do local, permitindo anotações e alterações, guardando a versão anterior.

26. Reduzida produção de resíduos

1	Não aplicável, não interfere na produção de resíduos;
2	Redução marginal na quantidade resíduos produzidos, mas ainda em pequena quantidade, podendo provocar o aumento de outros;
3	Redução parcial na quantidade de resíduos produzidos, ainda sem revelar grandes vantagens a nível ambiental;
4	Grande redução de resíduos com ganhos significativos de qualidade ambiental;
5	Imprescindível na redução da produção de resíduos, melhorando a qualidade do ar, eliminando a produção de resíduos não renováveis.

27. Redução de erros de construção

1	Não aplicável, aumento de erros na construção;
2	Redução marginal de erros de construção, existência de numerosos erros de construção e desencadeamento de outros associados;
3	Redução parcial de erros de construção, ainda sem revelar grande redução nos custos de falhas internas;
4	Grande redução de erros de construção com ganhos significativos relativamente à diminuição de custos e de prazos;
5	Imprescindível para a redução de erros de construção, provocando um equilíbrio de custos e obtendo uma diminuição significativa dos custos totais de qualidade.

28. Menos tempo de resposta às mudanças

1	Não aplicável, aumento no tempo de resposta face às mudanças;
2	Redução marginal do tempo de resposta às mudanças, mas insignificativo nos prazos globais das tarefas;
3	Redução parcial no tempo de resposta às mudanças, ainda sem revelar grandes vantagens e reduções no planeamento geral da obra;
4	Grande redução no tempo de resposta às mudanças com ganhos significativos relativamente aos prazos, custos e transferência de informação;
5	Imprescindível para a redução do tempo de resposta às mudanças, cumprindo o planeamento e não causando atrasos.

29. Aumento de frustração

1	Frustração regular, com interferência no trabalho, provocando atrasos;
2	Frustração com alguma frequência e provocando consequências negativas no trabalho desenvolvido;
3	Frustração pontual, sem revelar grandes interferências ou consequências no trabalho;
4	Frustração reduzida, sem interferir em tarefas;
5	Não aplicável, sem sinais de frustração.

30. Atos/comportamentos inseguros

1	Comportamentos inseguros, com interferência no trabalho, provocando dúvidas e atrasos;
2	Atos inseguros com alguma frequência e alguma interferência no trabalho desenvolvido causando dúvidas e atrasos;
3	Comportamentos pontuais de insegurança, sem revelar grandes interferências no trabalho;
4	Comportamentos inseguros reduzidos, sem interferir em tarefas;
5	Não aplicável, sem sinais comportamentos inseguros.

31. Maior complexidade no trabalho

1	Complexidade excessiva no trabalho, sem oferta de vantagens e melhorias, causando erros e falhas.
2	Trabalho complexo, baixa percentagem de consequências positivas, podia prescindir-se a utilização;
3	Melhorias pontuais no trabalho, mas sem revelar capacidades especiais;
4	Complexidade reduzida no trabalho, revelando ganhos significativos relativamente a outras formas de trabalho;
5	Imprescindível para a obtenção de um trabalho simplificado, completo e dinâmico, reduzindo erros e falhas.