

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FTA NO SERVIÇO DE PÓS-VENDA DE UMA EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Análise de uma Base de Dados

GONÇALO FERREIRA PINTO

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

JULHO 2026

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2025/2026

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E GEORRECURSOS

Tel. +351-22-508 1901



m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2025/2026 - Departamento de Engenharia Civil e Georrecursos, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2026*.

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.

A meus pais

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação não teria sido possível sem o contributo fundamental do meu orientador, o Professor Rui Calejo Rodrigues. Agradeço-lhe profundamente a transmissão de conhecimento nas nossas reuniões, mas, acima de tudo, a filosofia de vida única, a disciplina e o rigor que instigou em mim ao longo deste percurso.

Um agradecimento especial à equipa da empresa que me acolheu com total abertura, em particular aos departamentos de pós-venda, execução e recursos humanos. Estendo o meu reconhecimento ao Engenheiro Ricardo Sousa, pelo apoio constante, e ao Daniel Pintor, Diretor do Pós-Venda, pela disponibilidade e prontidão na partilha de conhecimentos.

À minha namorada, o meu muito obrigado por ser o meu pilar incondicional, por todo o apoio durante esta etapa e por me tornar, todos os dias, uma pessoa melhor.

Por fim, um agradecimento imenso à minha família, o meu alicerce. Ao meu pai, pela inspiração constante e pelo exemplo de vida que guia as minhas decisões, à minha mãe, pela preocupação e carinho permanentes e ao meu irmão, pelo apoio e por ter sido um estímulo constante ao longo deste trajeto. Sem o vosso suporte, esta etapa não teria o mesmo sentido.

RESUMO

O período de pós-venda da construção civil enfrenta desafios constantes relacionados com a garantia da qualidade. Esta dissertação investiga o aparecimento de defeitos durante o período de garantia, utilizando uma metodologia que se suporta em dados reais de uma base de dados e recorre à análise de árvore de falhas (FTA). A investigação abrange 1179 ocorrências decorridas durante o ano de 2025, das quais foram selecionados sete casos de estudo representativos das patologias mais frequentes e posteriormente submetidos ao método. O processo de identificação e validação dos eventos base da FTA conta com o contributo de seis profissionais da área.

Os resultados revelam que cerca de um terço das patologias identificadas nos sete grupos de elementos mais visados dizem respeito a problemas relacionados com infiltrações e estanquidade, enquanto as fissuras de retração em paredes interiores se afirmam como a ocorrência mais frequente da amostra. A análise mostra ainda que existe a possibilidade de correlação entre o aparecimento destas falhas de qualidade e a dependência de mão de obra subcontratada e com insuficiências no controlo dos Planos de Monitorização e Medição (PMM's). A implementação de pequenos ajustes no processo construtivo e a comunicação entre os departamentos de execução e pós-venda são indispensáveis para a mitigação da reincidência de algumas patologias.

PALAVRAS-CHAVE: Serviço pós-venda; Defeitos de construção; Análise de Árvore de Falhas (FTA); Período de garantia; Subcontratação.

ABSTRACT

The after-sales period in the construction industry faces constant challenges related to quality assurance. This dissertation investigates the occurrence of defects during the warranty period, using a methodology supported by real data from a database and based on Fault Tree Analysis (FTA). The research covered 1179 occurrences recorded during 2025, from which seven case studies representative of the most frequent pathologies were selected and subsequently subjected to the method. The identification and validation process of the FTA basic events relied on the contribution of six professionals in the field.

The results reveal that approximately one third of the pathologies identified in the seven most affected element groups concern problems related to infiltration and watertightness, while shrinkage cracks in interior walls stand out as the most frequent occurrence in the sample. The analysis also shows a possible correlation between the emergence of these quality failures and both the reliance on subcontracted labour and the deficiencies in the control of the Monitoring and Measurement Plans (MMP). The implementation of small adjustments to the construction process and the communication between the execution and after-sales departments are essential to mitigate the recurrence of some pathologies.

KEYWORDS: After-sales service; Construction defects; Fault Tree Analysis (FTA); Warranty period; Subcontracting.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 PROBLEMÁTICA.....	2
1.3 ÂMBITO E OBJETIVOS.....	3
1.4 ENQUADRAMENTO	4
1.5 MÉTODO CIENTÍFICO E ESTRUTURA.....	4
2 REVISÃO DO CONHECIMENTO	7
2.1 BIBLIOMETRIA	7
2.1.1 Conceitos sobre referências bibliográficas.....	7
2.1.2 Palavras-Chave.....	7
2.1.3 Lista Bibliográfica	9
2.1.4 Bibliografia líder	10
2.1.5 Bibliometria	11
2.1.6 Oportunidade de Investigação	12
2.2 SÍNTESE DE CONHECIMENTO	13
2.2.1 Qualidade.....	13
2.2.1.1 <i>Evolução do Setor da Construção</i>	13
2.2.1.2 <i>Conceito de Qualidade</i>	13
2.2.1.3 <i>Benefícios do controlo de qualidade</i>	14
2.2.1.4 <i>Sistemas de Gestão de Qualidade</i>	14
2.2.1.5 <i>Normas ISO</i>	14
2.2.1.6 <i>Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act)</i>	15
2.2.1.7 <i>FMEA</i>	15

2.2.1.8 FTA.....	16
2.2.2 Garantias do Pós-Venda	18
2.2.2.1 Intervenientes.....	18
2.2.2.2 Enquadramento Normativo.....	18
2.2.2.3 Obrigações legais do empreiteiro.....	18
2.2.3 Manutenção de edifícios.....	19
2.2.3.1 Conceitos de Desempenho e Vida Útil.....	19
2.2.3.2 Agentes de Degradação.....	20
2.2.3.3 A Importância do Planeamento e da Manutenção.....	20
2.2.3.4 Elementos Fonte de Manutenção.....	21
2.2.3.5 Atividades da manutenção	21
2.2.4 Principais erros na construção	23
2.2.4.1 Projeto.....	25
2.2.4.2 Execução.....	25
2.2.4.3 Materiais.....	26
2.2.4.4 Utilização.....	27

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DA BASE DE DADOS..... 29

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	29
----------------------------------	----

3.2 BASE DE DADOS DA EMPRESA.....	30
-----------------------------------	----

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
-------------------------------	----

4 PROPOSTA DE MODELO..... 39

4.1 INTRODUÇÃO.....	39
---------------------	----

4.2 FTA.....	39
--------------	----

4.2.1 Objetivos.....	40
----------------------	----

4.2.2 Constituição.....	40
-------------------------	----

4.2.3 Etapas	42
--------------------	----

4.3 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO	43
------------------------------------	----

4.3.1 Seleção das anomalias da base de dados	44
--	----

4.3.2 Categorização Normativa	45
-------------------------------------	----

4.3.3	Quantificação de Impacto.....	45
4.3.4	Avaliação do Desempenho Operacional (Resposta ao Cliente).....	46
4.3.5	Diagnóstico de Origem.....	50
4.3.6	Construção do FTA	52
4.3.6.1	<i>Projeto</i>	52
4.3.6.2	<i>Execução</i>	52
4.3.6.3	<i>Utilização</i>	54
4.3.7	Ciclo de Melhoria	55
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	57
5.1	INDICAÇÕES INICIAIS	57
5.2	CASOS DE ESTUDO	57
5.2.1	Caso de estudo 1	57
5.2.2	Caso de estudo 2	58
5.2.3	Caso de estudo 3	59
5.2.4	Caso de estudo 4	59
5.2.5	Caso de estudo 5	60
5.2.6	Caso de estudo 6	61
5.2.7	Caso de estudo 7	61
5.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO	62
5.3.1	Caso de estudo 1 – Fissuras de Retração em Paredes Interiores	62
5.3.1.1	<i>Seleção das anomalias da base de dados</i>	62
5.3.1.2	<i>Categorização Normativa</i>	64
5.3.1.3	<i>Quantificação de Impacto</i>	64
5.3.1.4	<i>Avaliação do desempenho operacional</i>	65
5.3.1.5	<i>Diagnóstico de Origem</i>	65
5.3.1.6	<i>FTA</i>	65
5.3.1.7	<i>Sugestões de melhoria</i>	68
5.3.2	Caso de estudo 2 – Infiltrações em Paredes Interiores.....	68
5.3.2.1	<i>Seleção das anomalias da base de dados</i>	68
5.3.2.2	<i>Categorização Normativa</i>	68
5.3.2.3	<i>Quantificação de Impacto</i>	68
5.3.2.4	<i>Avaliação do desempenho operacional</i>	69

5.3.2.5 Diagnóstico de Origem	69
5.3.2.6 FTA.....	69
5.3.2.7 Sugestões de melhoria.....	72
5.3.3 Caso de estudo 3 – Avaria em AVAC.....	72
5.3.3.1 Seleção das anomalias da base de dados	72
5.3.3.2 Categorização Normativa	73
5.3.3.3 Quantificação de Impacto.....	73
5.3.3.4 Avaliação do desempenho operacional.....	74
5.3.3.5 Diagnóstico de Origem	74
5.3.3.6 FTA.....	74
5.3.3.7 Sugestões de melhoria.....	76
5.3.4 Caso de estudo 4 – Infiltrações em AVAC.....	76
5.3.4.1 Seleção das anomalias da base de dados	76
5.3.4.2 Categorização Normativa	77
5.3.4.3 Quantificação de Impacto.....	77
5.3.4.4 Avaliação do desempenho operacional.....	77
5.3.4.5 Diagnóstico de Origem	77
5.3.4.6 FTA.....	78
5.3.4.7 Sugestões de melhoria.....	80
5.3.5 Caso de estudo 5 - Ruído em Janelas Exteriores	80
5.3.5.1 Seleção das anomalias da base de dados	80
5.3.5.2 Categorização Normativa	81
5.3.5.3 Quantificação de Impacto.....	81
5.3.5.4 Avaliação do desempenho operacional.....	81
5.3.5.5 Diagnóstico de Origem	81
5.3.5.6 FTA.....	82
5.3.5.7 Sugestões de melhoria.....	84
5.3.6 Caso de estudo 6 – Infiltrações em Janelas Exteriores	84
5.3.6.1 Seleção das anomalias da base de dados	84
5.3.6.2 Categorização Normativa	84
5.3.6.3 Quantificação de Impacto.....	84
5.3.6.4 Avaliação do desempenho operacional.....	84
5.3.6.5 Diagnóstico de Origem	85

5.3.6.6 FTA	85
5.3.7 Caso de estudo 7 – Avaria em Estores	88
5.3.7.1 Seleção das anomalias da base de dados	88
5.3.7.2 Categorização Normativa	89
5.3.7.3 Quantificação de Impacto	89
5.3.7.4 Avaliação do desempenho operacional	90
5.3.7.5 Diagnóstico de Origem	90
5.3.7.6 FTA	90
5.3.7.7 Sugestões de melhoria	92
5.4 ANÁLISE DE RESULTADOS	92
5.4.1 Frequência de Ocorrência	93
5.4.2 Tempo de Garantia	94
5.4.3 Nível de Importância	94
5.4.4 Entidade Executante	95
5.4.5 Desempenho operacional	95
5.4.6 Diagnóstico de origem	96
5.4.7 FTA Erro Base	97
5.4.8 Sugestões de Melhoria	98
6 CONCLUSÕES	103
6.1 CONCLUSÕES GERAIS	103
6.2 DIFICULDADES SENTIDAS	105
6.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	105
ANEXOS	1
A.1 ELEMENTOS FONTE DE GESTÃO	3
A.2 FTA COMPLETA	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Notícia sobre a falta de qualidade na construção (<i>Sismo. Falta de qualidade das construções aumenta estragos e consequências</i> , 2023)	2
Figura 2 - Etapas do método científico adaptado de (<i>scientific method</i> , 2026)	5
Figura 3 – Mapa das principais palavras-chave do <i>Scopus</i>	8
Figura 4 - Ano de publicação dos artigos do <i>Scopus</i>	11
Figura 5 – Distribuição Geográfica dos artigos do <i>Scopus</i>	12
Figura 6 - Custos da qualidade em diferentes fases adaptado de (Priede, 2012)	14
Figura 7 – Fluxograma FMEA adaptado de (Rah <i>et al.</i> , 2016)	16
Figura 8 - Exemplo de diagrama FTA (Peeters, Basten e Tinga, 2018)	17
Figura 9 - Elementos fonte de Gestão (Pereira, 2022)	21
Figura 10 – Estratégias de Manutenção adaptado de (Calejo, 2025)	22
Figura 11 – Principais causas de patologias adaptado de (Rocha; Calejo, 2017)	23
Figura 12 - % Custo total de Reparações (Costa, 1995)	26
Figura 13 – Consequências de erros relacionados com materiais de fachadas adaptado de (Ishak, Chohan e Ramly, 2007)	27
Figura 14 – Fases da tendência natural de um edifício adaptado de (Calejo, 2025).	27
Figura 15 - Estado dos pedidos	33
Figura 16 - Tipologia dos edifícios de intervenção	33
Figura 17 - Nível de prioridade dos pedidos	33
Figura 18 – Contagem de Causas	34
Figura 19 – Elementos Fonte de Manutenção mais afetados	35
Figura 20 – Média de tempo total (somado) para fechar pedidos por nível de prioridade	36
Figura 21 – Média de tempos de resposta da empresa (em dias)	37
Figura 22 – Representação gráfica das portas adaptado de (Kabir, 2017)	41
Figura 23 - Representação gráfica dos Eventos adaptado de (Kabir, 2017)	41
Figura 24 – Etapas da elaboração de uma Árvore de Falhas (Diogo Couceiro de Queiroz Neves, 2022)	42
Figura 25 – Fluxo da metodologia	44
Figura 26 – Matriz de Comparação AHP (Diego Calvetti, 2024)	49
Figura 27 – Diagrama FTA inicial	51
Figura 28 – Diagrama FTA exemplo	55
Figura 29 – Fissura de retração – Caso de estudo 1	58
Figura 30 - Infiltração em parede interior - Caso de estudo 2	59
Figura 31 - Infiltração em AVAC - Caso de estudo 4	60
Figura 32 - Ruído em janelas exteriores - Caso de estudo 5	60
Figura 33 - Infiltrações em janelas exteriores - Caso de estudo 6	61

Figura 34 - Avaria em estore - Caso de estudo 7	62
Figura 35 – Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem - Caso de estudo 1	65
Figura 36 – Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 1	66
Figura 37 – Caminho crítico – Caso de estudo 1	67
Figura 38 – Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 2	69
Figura 39 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 2	70
Figura 40 - Caminho crítico – Caso de estudo 2	71
Figura 41 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 3	74
Figura 42 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 3	75
Figura 43 - Caminho crítico – Caso de estudo 3	76
Figura 44 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 4	77
Figura 45 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 4	78
Figura 46 - Caminho crítico – Caso de estudo 4	79
Figura 47 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 5	81
Figura 48 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 5	82
Figura 49 - Caminho crítico – Caso de estudo 5	83
Figura 50 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 6	85
Figura 51 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 6	86
Figura 52 - Caminho crítico – Caso de estudo 6 Sugestões de melhoria	87
Figura 53 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 7	90
Figura 54 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 7	91
Figura 55 - Caminho crítico – Caso de estudo 7	92
Figura 56 – Nível de importância dos casos de estudo	95
Figura 57 – Diagnóstico de Origem dos 7 casos de estudo	97
Figura 58 – Eventos Base mais frequentes dos casos de estudo	97
Figura 59 – Disposição de um Manual de Utilização (Moreira, Tonoli e Ruschel, 2018)	100

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Documentos consultados	9
Quadro 2 - Definição do tipo de Elemento Construtivo (Ana Pereira, 2022)	19
Quadro 3 – Resumo quantitativo de defeitos em habitações (Holo <i>et al.</i> , 2023)	24
Quadro 4 – Tipos de impactos para o utilizador adaptado de (Denman <i>et al.</i> , 2024)	25
Quadro 5 – Exemplo de excerto da Base de Dados	30
Quadro 6 – Tempos médios de resposta retirados da base de dados	32
Quadro 7 – Tipos de defeitos por elemento de construção (mais frequentes)	35
Quadro 8 – Avaliação estatística de tempos de resposta	46
Quadro 9 – Motivos de pausa da organização	48
Quadro 10 – Avaliação baseada nos prazos regulamentares e valores médios	48
Quadro 11 – Contagem de EFM's registadas na base de dados	63
Quadro 12 – Contagem das causas de anomalias de paredes interiores	64
Quadro 13 – Contagem de causas de anomalias em AVAC	73
Quadro 14 – Causas de Anomalias em Janelas Exteriores	80
Quadro 15 – Causas de Anomalias em Estores	89
Quadro 16 - Resumo dos 7 casos de estudo	93
Quadro 17 – Relação entre a frequência de ocorrência e casos de estudo	94
Quadro 18 – Relação entre o desempenho operacional da empresa e os casos e estudo	96
Quadro 19 – Exemplo de PMM de instalação de bases de duche (Rodrigues, 2025)	98
Quadro 20 – Critérios de seleção de subempreiteiros	99

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Índice de Operacionalidade	50
Equação 2 – Índice de Operacionalidade – Caso de estudo 1	65
Equação 3 - Índice de Operacionalidade – Caso de estudo 2.....	69
Equação 4 - Índice de Operacionalidade – Caso de estudo 3.....	74
Equação 5 - Índice de Operacionalidade – Caso de estudo 4.....	77
Equação 6 - Índice de Operacionalidade – Caso de estudo 5.....	81
Equação 7 - Índice de Operacionalidade – Caso de estudo 6.....	85
Equação 8 - Índice de Operacionalidade – Caso de estudo 7.....	90

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AC	Ar-Condicionado
AHP	Analytic Hierarchy Process (Processo Hierárquico Analítico)
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CCP	Código dos Contratos Públicos
EFM	Elementos Fonte de Manutenção
Fig.	Figura
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FTA	Fault Tree Analysis (Análise por Árvore de Falhas)
IO	Índice de Operacionalidade
ISO	International Organization for Standardization
LCC	Life Cycle Cost (Custo do Ciclo de Vida)
MCA	Multicriteria Analysis (Análise Multicritério)
PDCA	Plan-Do-Check-Act (Planeamento, Execução, Verificação e Atuação)
PMM	Planos de Monitorização e Medição
RPN	Risk Priority Number
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
<i>Dept</i>	Departamento
<i>Ref^a</i>	Referência
<i>UC</i>	Unidade(s) Curricular(es)
<i>Ap.</i>	Apresentação
<i>Art.</i>	Artigo
<i>Txt.</i>	Texto
<i>Fig.</i>	Figura
<i>D.M.</i>	Dissertação de Mestrado
<i>Subcontr.</i>	Subcontratada

1

INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

O setor da construção civil, assim como o de outras indústrias, encontra-se em fase de evolução tecnológica, mas enfrenta também um paradoxo, uma vez que esta evolução vem acompanhada da persistência de patologias que comprometem a integridade do edificado.

O interesse do autor pela qualidade na construção surgiu em ambiente académico e foi consolidado através da prática profissional, mais especificamente num estágio extracurricular, onde a transição entre a teoria e a prática evidenciou algumas lacunas do setor.

Historicamente o pós-venda é encarado pelas organizações como uma fase reativa aos defeitos decorrentes do processo construtivo, destinada apenas à resolução pontual de anomalias. Contudo a motivação real desta tese reside na convicção de que os registos do pós-venda possuem a capacidade de mudar estratégias construtivas e organizacionais dentro de cada empresa. A informação contida em bases de dados é o alicerce necessário para a melhoria contínua dos processos de execução e projeto (Hoła *et al.*, 2023).

A oportunidade de analisar uma base de dados permite ultrapassar a realidade reativa, onde o aprofundamento das causas resulta da submissão dos dados a uma metodologia rigorosa. Este estudo contribui para a valorização da qualidade construtiva enquanto fator de competitividade e bem-estar social, ao promover a rentabilidade económica das empresas e ao mesmo tempo a confiança do utilizador final, peça fundamental para o sucesso da reputação desta indústria (Denman *et al.*, 2024).

1.2 PROBLEMÁTICA

A qualidade na construção civil ultrapassa questões técnicas e estruturais, afirmando-se como incontornável em questões de segurança pública. Cenários de desastres naturais têm evidenciado que a falta de rigor decorrente do processo construtivo amplifica consequências que, muitas vezes, podiam ser mitigadas como alerta a notícia na Figura 1 (*Sismo. Falta de qualidade das construções aumenta estragos e consequências*, 2023). Contudo, a problemática da qualidade não se restringe a eventos associados a catástrofes naturais.



Figura 1 – Notícia sobre a falta de qualidade na construção (*Sismo. Falta de qualidade das construções aumenta estragos e consequências*, 2023)

O setor em Portugal tem vindo a enfrentar um período de transição, marcado por uma crescente dependência de subcontratação e por uma pressão competitiva, que por vezes, sacrifica o tempo necessário para assegurar a qualidade (Mota, 2000). Esta combinação de fatores coloca em evidência as diferenças entre a qualidade projetada e a efetivamente entregue ao cliente (Hóla *et al.*, 2023).

O foco desta investigação assenta em transformar os volumes significativos de informação que as empresas detêm em ações preventivas.

Desta forma, a problemática que sustenta esta tese centra-se na carência de mecanismos que transformem dados brutos em mudanças do processo construtivo, com o intuito de quebrar o ciclo de perpetuação de erros. Decorre, portanto, a questão central do estudo: *Em que medida a análise de uma base de dados do pós-venda de uma empresa pode contribuir para a qualidade na construção?*

1.3 ÂMBITO E OBJETIVOS

O âmbito da presente dissertação aborda a gestão de garantias no setor da construção civil. Assim sendo, geograficamente e normativamente, a investigação toma como referência o contexto do mercado português, apoiando-se em documentos como o Código de Contratos Públicos (CCP) e normas ISO adaptadas ao contexto nacional. O estudo, implicitamente, acaba por abranger a totalidade do ciclo de vida do edifício, mas aprofunda-se no período crítico que decorre entre a receção da obra e o termo das garantias legais.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma metodologia de análise de dados que permita identificar padrões de patologias no sentido de melhorar os processos de gestão da qualidade da empresa construtora, bem como apresentar sugestões de melhoria ao software utilizado na elaboração dessa base de dados.

Para alcançar este propósito, estabeleceram-se metas fundamentais que passam, inicialmente, pelo tratamento de uma base de dados, de forma a desenvolver uma análise estatística adequada ao método. Pretende-se ainda quantificar a incidência de falhas nos diferentes elementos fonte de manutenção (EFM), aprofundar as causas que culminaram no erro identificado, através do método gráfico FTA e avaliar outros parâmetros relevantes para o efeito.

Por fim, a investigação visa propor diretrizes baseadas em ferramentas preventivas, com o intuito de auxiliar a mitigação destes erros na medida em que pretende transformar o histórico de reclamações num instrumento de melhoria contínua e *feedback*.

A concretização destes objetivos será apresentada no Capítulo 6, onde se pretende mostrar que, mesmo com uma amostra de dimensão reduzida, a metodologia proposta revela capacidade para identificar padrões de falha e fundamentar melhorias nos processos construtivos. O percurso entre a questão inicial e as conclusões finais é, portanto, o fio condutor desta dissertação.

1.4 ENQUADRAMENTO

É válido destacar que o pós-venda assume um papel não negligenciável na economia das empresas e na estabilidade social dos utilizadores.

Do ponto de vista económico, o tema abordado nesta dissertação permite mitigar erros que gerariam despesas acrescidas, uma vez que a resolução de patologias em fase de garantia é mais dispendiosa do que a prevenção em fases anteriores (Priede, 2012). Estudos apontam que a correção de anomalias representa entre 2,40 e 3,15% do custo total do edifício (Alomari, 2022).

Sob o prisma social, a garantia da qualidade construtiva reflete-se diretamente na segurança, saúde e bem-estar dos ocupantes, na medida em que um edifício com uma menor incidência de problemas promove o bem-estar dos seus utilizadores. Até porque a ocorrência de anomalias no edificado gera impactos que transcendem o dano físico, manifestando-se frequentemente sob a forma de stress psicológico e insatisfação associados à perda de funcionalidade dos espaços domésticos (Denman *et al.*, 2024).

1.5 MÉTODO CIENTÍFICO E ESTRUTURA

A presente investigação fundamenta-se inicialmente na identificação de uma problemática e na revisão geral da literatura. Esta fase inclui a análise de dissertações, artigos científicos, apontamentos e documentos de aulas sobre a qualidade na construção.

O método científico pretende fazer a ligação entre a teoria e o contexto empresarial. Após a pesquisa e o entendimento dos processos de controlo de qualidade vigentes na organização, procede-se à fase experimental. A metodologia utiliza os recursos internos da empresa, incluindo o conhecimento dos seus profissionais, o acesso aos registos de ocorrências e inquéritos. Estes elementos permitem a formulação de uma hipótese de trabalho sobre a eficácia das ferramentas. A hipótese é testada através do confronto entre os dados da fase de execução e as anomalias reportadas no pós-venda (Figura 2).

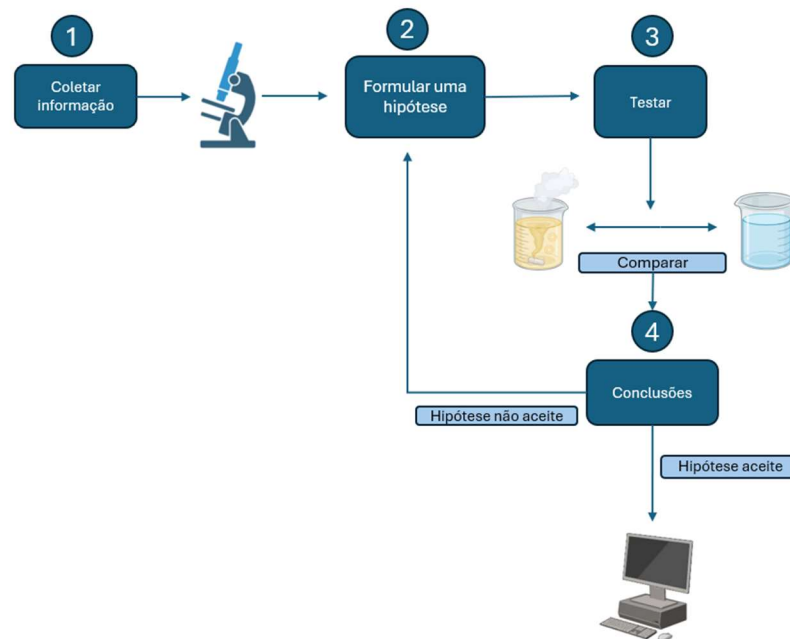


Figura 2 - Etapas do método científico adaptado de (*scientific method*, 2026)

Apresenta-se de seguida a estruturação da dissertação:

1º Capítulo – Atual capítulo, onde é feito um enquadramento do tema e a identificação da problemática que culmina nos objetivos que orientam esta dissertação.

2º Capítulo – Capítulo de enquadramento teórico, onde se apresenta a revisão bibliográfica e a síntese dos conhecimentos necessários ao desenvolvimento do tema.

3º Capítulo – Apresentação da empresa e da base de dados. Contém a análise estatística que serve de base para a elaboração do método.

4º Capítulo – Apresenta uma explicação mais detalhada da árvore de falhas, assim como a totalidade da metodologia de atuação, onde se inclui a árvore de falhas e outros indicadores relevantes.

5º Capítulo – Apresentação dos casos de estudo, submissão dos mesmos ao método desenvolvido no capítulo anterior e análise de resultados.

6º Capítulo – Neste capítulo, para além de retiradas conclusões, são também analisados os objetivos iniciais e as dificuldades sentidas ao longo do processo, assim como identificados os desenvolvimentos futuros.

2

REVISÃO DO CONHECIMENTO

2.1 BIBLIOMETRIA

2.1.1 Conceitos sobre referências bibliográficas

O atual capítulo tem o intuito de sintetizar conceitos teóricos que fundamentam o tema que será abordado. Assim sendo, esta primeira fase foi acompanhada de pesquisa e recolha de informação considerada útil, no sentido de dar contexto à temática. Com o objetivo de avaliar o impacto dos dados referentes à qualidade registada no pós-venda e assim identificar uma oportunidade de investigação, segue-se uma síntese do conhecimento.

A bibliografia apresentada diz respeito à consulta de teses de mestrado e doutoramento disponibilizadas pelo repositório da faculdade, acompanhada de artigos científicos disponíveis nas bases de dados bibliográficas *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*. Para além dos anteriores, foram ainda aprofundados conhecimentos através de apontamentos de Unidades Curriculares do Mestrado em Engenharia Civil e livros disponibilizados pela biblioteca da faculdade.

2.1.2 Palavras-Chave

De forma a mapear os principais conceitos associados ao tema desta dissertação, foi realizada uma análise de palavras-chave com recurso à base de dados *Scopus* e ao software *VOSviewer*. A pesquisa utilizou os termos ("defect liability period" OR "post-handover" OR "warranty period") AND ("defects" OR "construction") cruzando o período de garantia com a ocorrência de defeitos na construção.

O mapa resultante é apresentado na Figura 3, onde a dimensão de cada nó representa a frequência do termo e as ligações representam a relação entre termos nas mesmas publicações. A palavra "*defects*" assume a posição central da rede, sendo a mais frequente (39 ocorrências e 110 ligações), seguido de "*warranty period*" (23 ocorrências). Destacam-se ainda termos como "*warranty*", "*costs*" e "*cost benefit analysis*", associados à vertente económica das garantias, e "*quality control*", "*project management*" e "*construction industry*", associados à gestão da qualidade e dos processos.

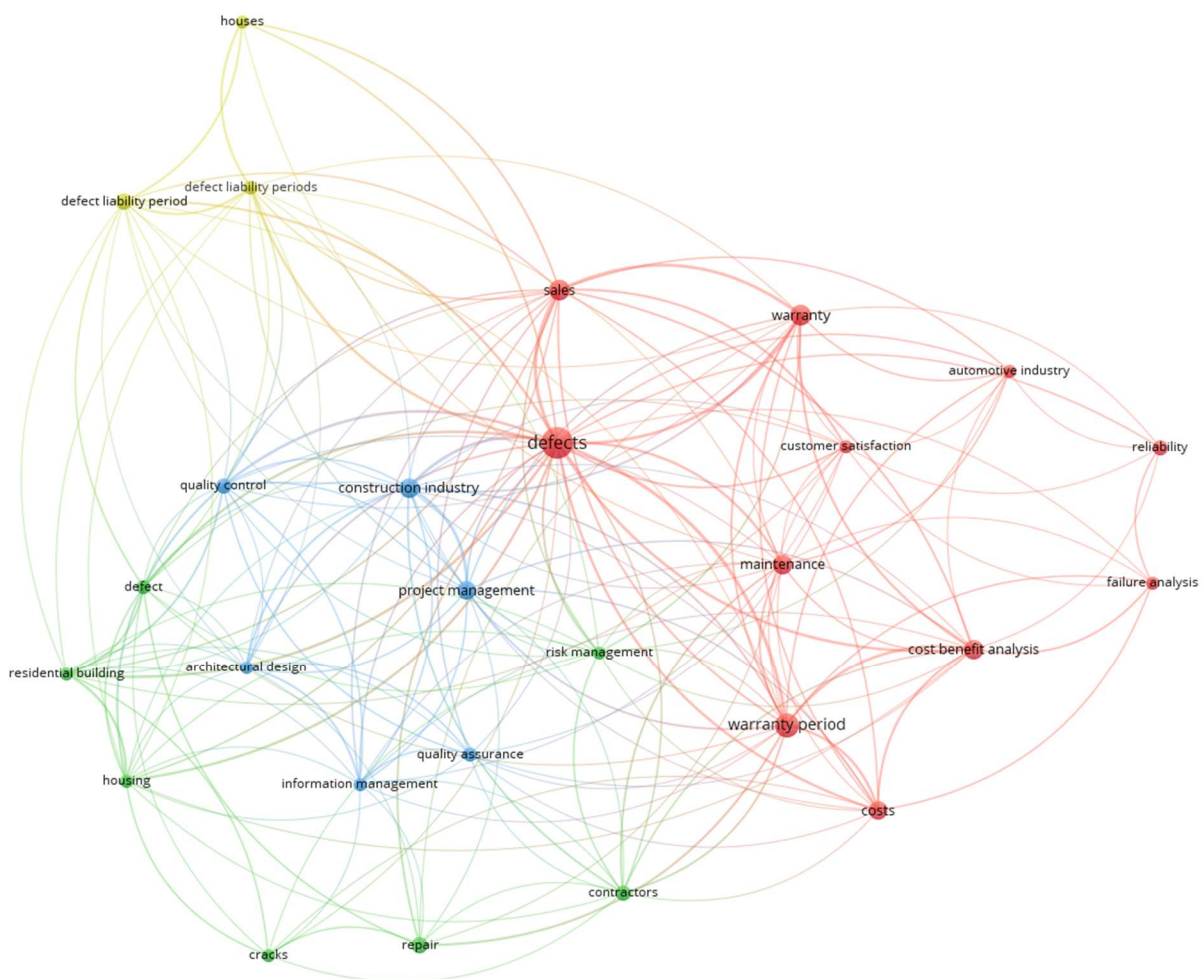


Figura 3 – Mapa das principais palavras-chave do *Scopus*

2.1.3 Lista Bibliográfica

Quadro 1 – Documentos consultados

Referência	Título	Breve Descrição
(Mota, 2000)	<i>Qualidade na Construção Contributos do projeto Mequalcon</i>	Este livro apresenta os resultados do projeto de investigação MEQUALCON, levado a cabo por entidades especialistas da construção em conjunto com a FEUP, constituindo contributos essencialmente na área da qualidade na construção em Portugal.
(Priede, 2012)	<i>Implementation of Quality Management System ISO 9001 in the World and Its Strategic Necessity</i>	Artigo que aborda a implementação do Sistema de Gestão de Qualidade da ISO9001 como ferramenta com o intuito de aumentar a competitividade de empresas.
(ISO9000, 2015)	<i>Norma de Qualidade</i>	Documento que estabelece os fundamentos para todos os sistemas de gestão da qualidade. Funciona como um guia teórico que define os princípios da qualidade.
(Chen e Li, 2019)	<i>Research on Engineering Quality Management Based on PDCA Cycle</i>	Este artigo explora a utilização do método PDCA (Plan, Do, Check, Act) como metodologia de resolução de erros no setor da construção.
(Rah et al., 2016)	<i>A comparison of two prospective risk analysis methods: Traditional FMEA and a modified healthcare FMEA</i>	Este artigo compara o método tradicional FMEA (Failure Mode Effects Analysis) com uma versão modificada. Foca-se na análise de riscos em processos complexos.
(Peeters, Basten e Tinga, 2018)	<i>Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner</i>	Este artigo propõe a combinação de dois métodos clássicos: FMEA e FTA (Fault Tree Analysis) aplicados a anomalias em edifícios.
(Monteiro, 2025)	<i>Apontamentos para a Unidade Curricular de Direção de Obras.</i>	Documentos, apresentações, anotações e materiais provenientes da Unidade Curricular de Direção e Obras.
(CCP, 2025)	<i>Código dos Contratos Públicos</i>	Documento legal que rege a formação e a execução dos contratos celebrados por entidades públicas em Portugal, transpõe as diretivas europeias sobre a matéria.
(Pereira, 2022)	<i>Intervenção em obras na fase de garantia: identificação de causas remotas por recurso ao método FTA</i>	Esta dissertação de mestrado da FEUP investiga a gestão de anomalias em edifícios durante o período de garantia, utilizando o método FTA. O trabalho contribui para a tese ao fornecer uma metodologia prática para diagnosticar falhas.
(ISO-15686-5)	<i>Service Life Planning . Life Cycle Cost</i>	A norma ISO 15686-5 foca-se especificamente no Custo do Ciclo de Vida (Life Cycle Costing - LCC) aplicado a edifícios e ativos construídos.
(Paulino, 2009)	<i>Metodologia da manutenção de elementos exteriores em madeira</i>	Esta dissertação de mestrado da FEUP propõe uma metodologia estruturada para a manutenção de componentes construtivos. O autor desenvolve instrumentos práticos de gestão e manutenção de edifícios.
(Calejo, 2025)	<i>Apontamentos para a Unidade Curricular de Manutenção e Reabilitação de Edifícios.</i>	Documentos, apresentações, anotações e materiais provenientes da Unidade Curricular de Manutenção e Reabilitação de edifícios.

Referência	Título	Breve Descrição
(Lateef, 2009)	<i>Building maintenance management in Malaysia</i>	Este artigo analisa as práticas de gestão de manutenção na Malásia. O autor critica a predominância de modelos de manutenção reativos e baseados apenas na condição física. O contributo para a tese reside no alinhamento das necessidades de manutenção com as expetativas dos ocupantes, através de uma manutenção eficaz.
(Rocha; Calejo, 2017)	<i>How to maintain buildings: intervention strategies for the operationalization process of building maintenance regarding the design stages</i>	Este artigo aborda a manutenção de edifícios sob a perspetiva da sua operacionalização, visando garantir o desempenho ao longo de toda a vida útil. Os autores defendem que as anomalias precoces impactam diretamente a degradação do edificado provocado por erros de conceção e execução.
(Denman et al., 2024)	<i>Post-Construction Defects in Multi-Unit Australian Dwellings: An Analysis of the Defect Type, Causes, Risks, and Impacts</i>	Este artigo contempla um estudo realizado na Austrália onde foram recolhidos dados junto de 104 residentes de edifícios de apartamentos em Brisbane e Queensland, com o apoio de entrevistas a seis profissionais da construção. Os resultados revelaram a existência de 11 defeitos principais nos edifícios.
(Tayeh et al., 2020)	<i>Factors affecting defects occurrence in the construction stage of residential buildings in Gaza Strip</i>	O objetivo deste artigo é identificar e classificar os fatores que afetam a ocorrência de defeitos na fase de construção e projeto de edifícios residenciais na Faixa de Gaza. Foi realizado um inquérito a 134 especialistas incluindo engenheiros e arquitetos.
(Costa, 1995)	<i>Métodos de avaliação da qualidade de projectos de edifícios de habitação</i>	Esta tese de doutoramento, apresentada à FEUP, aborda a qualidade na construção em Portugal, focando-se especificamente na fase de projeto. O autor desenvolve e propõe métodos sistemáticos para avaliar a qualidade técnica e funcional de projetos de edifícios habitacionais.
(Ishak, Chohan e Ramly, 2007)	<i>Implications of design deficiency on building maintenance at post-occupational stage</i>	Este artigo discute a persistência de falhas de projeto num contexto de elevado avanço tecnológico. A fase de desenho é vista como um campo experimental para as ideias dos projetistas. O autor sublinha que a incapacidade de atingir uma manutenção totalmente planeada deriva de projetos que não respeitam os parâmetros técnicos necessários.
(Azevedo, 2016)	<i>Análise comportamental de edifícios em fase de Garantia - Estudo de Caso</i>	Esta tese de Mestrado investiga a ocorrência precoce de anomalias, focando-se no fenómeno do decaimento inicial que surge logo após a entrada em serviço do edifício.

2.1.4 Bibliografia líder

A relevância da inclusão do artigo designado por “*Analysis and Evaluation of the Influence of Selected Factors on the Occurrence of Defects in Polish Housing Construction Using the Example of the Lower Silesia Region*” - *Applied Sciences Switzerland* nesta investigação reside na robustez dos seus dados. Este resulta de inspeções técnicas reais num período de 2017 a 2020. Este estudo abrange conhecimentos importantes para a atual dissertação ao fornecer uma base estatística sólida, assim como uma metodologia que permite classificar os fatores geradores de defeitos.

A utilização da análise discriminante pelos autores oferece uma compreensão sobre as variáveis que mais influenciam o estado de conservação de edifícios residenciais. Apesar do estudo ter sido realizado na Polónia, realidade que pode ser bastante diferente da portuguesa, dadas diferenças culturais e climáticas, entre outras, este estudo permitiu fundamentar a análise teórica com evidências sobre as patologias construtivas num contexto europeu (Hoła *et al.*, 2023).

A inclusão, na presente bibliografia, da dissertação de (Neves, 2022), intitulada por “*Avaliação Pós Construção [APC] - Desempenho em Fase de Garantia*” justifica-se pela sua abordagem detalhada à Avaliação Pós-Construção. A utilidade desta tese incide no aprofundamento sobre o desempenho de edifícios na fase crítica de garantia. O estudo sistematiza, através da metodologia da Árvore de Falhas, a identificação das patologias raiz que estão no cerne dos erros registados. A sua inclusão na bibliografia líder resulta do alinhamento com as necessidades de conhecimento técnico exigidas para este trabalho.

2.1.5 Bibliometria

Após a sistematização das fontes bibliográficas, procedeu-se à análise da distribuição temporal dos artigos publicados na base de dados mais utilizada na pesquisa, o *Scopus*, sobre a temática, especificamente no cruzamento entre palavras-chave relacionadas com o período de garantia e defeitos na construção (177 artigos). Através da interpretação da Figura 4, observa-se uma tendência de crescimento de interesse pelo tema que confirma a sua relevância perante a comunidade científica.

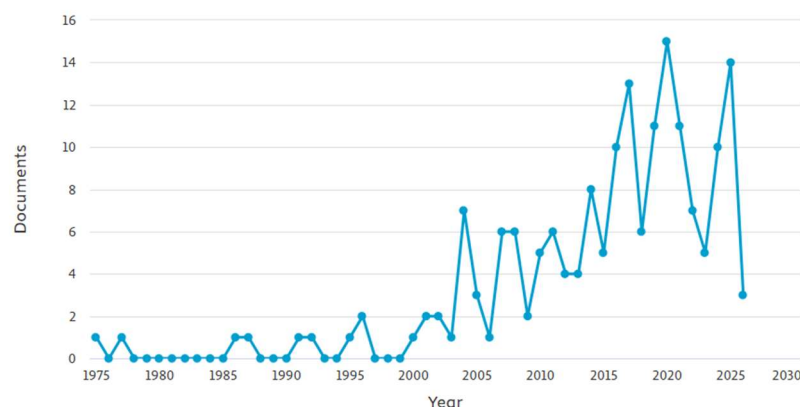


Figura 4 - Ano de publicação dos artigos do *Scopus*

No que diz respeito à distribuição geográfica dos mesmos artigos publicados no *Scopus*, na Figura 5 observa-se uma liderança dos Estados Unidos e China, que juntos representam uma fatia expressiva dos artigos publicados. A presença de nações de diferentes continentes, como a Índia e a Alemanha, embora com menor volume, reforçam o carácter global e a abrangência internacional da temática.

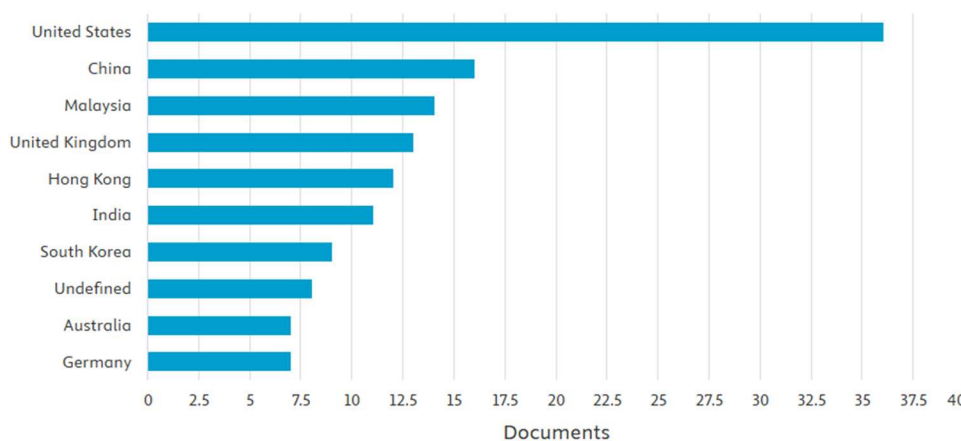


Figura 5 – Distribuição Geográfica dos artigos do *Scopus*

2.1.6 Oportunidade de Investigação

A oportunidade de investigação surge da digitalização do setor, que tem vindo a originar uma crescente disponibilidade de dados nas empresas (José Carvalho; Filipe Furtado; Pedro Príncipe, 2014). Esta quantidade de informação contrasta com a escassez de estudos práticos que utilizem esses registos para otimizar procedimentos relativos à qualidade do edificado, principalmente durante o período de garantia (Hoła *et al.*, 2023). Apesar da literatura possuir modelos teóricos de gestão da qualidade, existe uma lacuna no que toca à análise de bases de dados de pós-venda reais. Estas contêm informação relevante e passível de ser explorada, tal como o histórico detalhado de falhas e tempos de resposta no mercado português.

O presente estudo beneficia do acesso a uma base de dados digitalizada, via *Infraspeak*, que permite registar não só a tipologia de falha de forma uniformizada, mas também os tempos de resposta da organização. Isto acaba por permitir diagnosticar os processos construtivos de uma empresa de grande dimensão no mercado nacional, num contexto de crescente pressão económica e escassez de mão de obra qualificada que tem potenciado o surgimento de defeitos de execução (Mota, 2000).

Ainda que existam contributos relevantes no panorama internacional (Hoła *et al.*, 2023) e nacional, como os trabalhos de (Pereira, 2022) e de (Diogo Couceiro de Queiroz Neves, 2022), a transposição destes modelos para contextos operacionais reais permanece pouco explorada. É precisamente neste espaço que a presente investigação se posiciona.

2.2 SÍNTESE DE CONHECIMENTO

2.2.1 Qualidade

2.2.1.1 *Evolução do Setor da Construção*

O setor da construção apresenta-se relevante na economia da maioria dos países, em particular no caso de Portugal. Dada essa importância, é natural que este tenha sofrido alterações ao longo do tempo. Destacam-se mudanças nos produtos de construção, a crescente preocupação com a reabilitação, a simbiose com o meio ambiente, onde existe a procura por sustentabilidade e as alterações das características da mão de obra.

De maneira a tornarem-se mais competitivas, as grandes empresas passaram a depender de subcontratações a empresas de menores dimensões, culminando na diminuição da qualidade dos trabalhos.

Por outro lado, as exigências começaram cada vez mais a ser acompanhadas de padronizações mais rígidas relativamente à qualidade. Estas pressões acabaram por ser escoadas inevitavelmente para as empresas subcontratadas, que geralmente apresentam lacunas organizacionais, que põem em causa a qualidade geral da obra (Mota, 2000).

2.2.1.2 *Conceito de Qualidade*

Dada a dificuldade da materialização do conceito de qualidade, é importante introduzir os conceitos definidos pelas principais referências normativas. A qualidade não deve ser vista apenas como a ausência de defeitos, mas sim como a satisfação de requisitos preestabelecidos e a conformidade com as expectativas do cliente final (Denman *et al.*, 2024).

2.2.1.3 Benefícios do controlo de qualidade

É necessário compreender o custo da qualidade para estabelecer uma estratégia de gestão. A ação por antecipação baseada na verificação de procedimentos permite detetar precocemente erros que futuramente teriam uma maior dimensão de resolução e maiores custos associados. Assim sendo, e como se pode observar na Figura 6, quanto maior o investimento da organização em medidas preventivas, maior a redução dos custos de falha (Priede, 2012). Além disso, um investimento na melhoria da qualidade beneficia a empresa em termos de imagem.

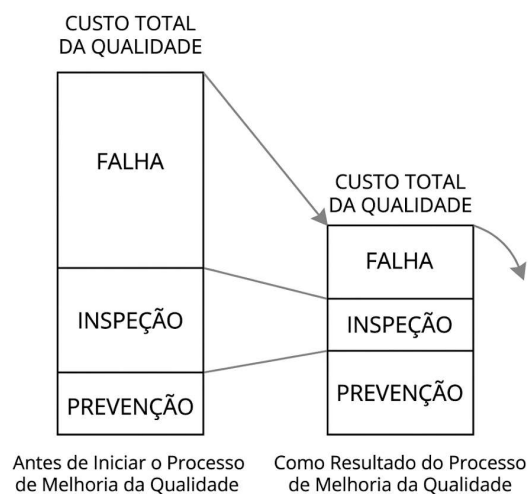


Figura 6 - Custos da qualidade em diferentes fases adaptado de (Priede, 2012)

2.2.1.4 Sistemas de Gestão de Qualidade

Longe de se tratar apenas de um manual de normas, um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) trata de políticas e processos para garantir a qualidade dos produtos e serviços de cada empresa. Fundamentalmente, coloca a satisfação do cliente no centro de todas as decisões.

Em vez de se focar apenas no controlo de erros, esta metodologia procura não apenas cumprir requisitos, mas também em implementar uma cultura de melhoria contínua. O equilíbrio entre o rigor dos processos e a agilidade na resposta define um SGQ verdadeiramente eficaz.

2.2.1.5 Normas ISO

No sentido de introduzir padrões de qualidade a nível mundial, surge a ISO (International Organization for Standardization), organização responsável pela família de normas ISO 9000, que está na base dos SGQ.

A norma (*ISO9000*, 2015) estabelece os fundamentos para os sistemas de gestão da qualidade (SGQ), e serve de base para a (*ISO9001*, 2015). O seu principal foco é promover a satisfação do cliente através do cumprimento dos seus requisitos em todos os setores, incluindo o da construção.

A (*ISO9001*, 2015) estabelece como a empresa deve ser gerida, com recurso a processos para o controlo. As características técnicas do edifício são determinadas pelos projetos e pelas necessidades de cada cliente. Esta apresenta-se bem estabelecida na indústria da construção, que é uma das principais indústrias do mundo.

2.2.1.6 Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*)

Mais do que uma simples ferramenta de controlo, o PDCA funciona como um modelo dinâmico de gestão que é amplamente utilizado por diversas indústrias. No caso da construção, este permite transpor as diretrizes teóricas para a realidade prática de obra (Chen e Li, 2019).

É utilizado um processo dividido em quatro etapas: Planeamento, Execução, Verificação e Atuação.

- **Plan (Planear):** São definidos os objetivos e metas de qualidade. O plano deve considerar as especificidades do projeto, antecipar erros comuns da construção baseando-se sempre nas normas legais.
- **Do (Executar):** Consiste em colocar o plano anteriormente definido em prática. Diz respeito à mobilização de recursos nomeadamente pessoas, tecnologia e materiais para a execução técnica em obra, garantindo que as regras e responsabilidades são seguidas.
- **Check (Verificar):** É a fase de inspeção. Serve para averiguar se o produto executado corresponde ao que foi planeado e passa por avaliar se os resultados cumprem os padrões de qualidade exigidos.
- **Act (Atuar):** Com base na verificação, esta fase aborda as medidas necessárias para corrigir falhas e evitar que os problemas se repitam no futuro (Chen e Li, 2019).

2.2.1.7 FMEA

Segundo (Rah *et al.*, 2016), FMEA do inglês Failure Mode and Effects Analysis, é uma ferramenta preventiva para a ocorrência de erros, onde o foco deste método não é o de corrigir erros depois destes aparecerem, mas sim atuar preventivamente.

Na Figura 7 podemos constatar que o começo deste método passa por identificar o modo de falha, onde ao longo do processo é necessário determinar as suas causas e efeitos. Para cada falha deve ser atribuído uma pontuação de 1 a 10 em 3 fatores. (S) Severidade, onde é identificado o impacto da falha; (O) Ocorrência, que categoriza a frequência da falha; (D) Detecção, que aponta para a facilidade de identificação da mesma (Rah *et al.*, 2016).

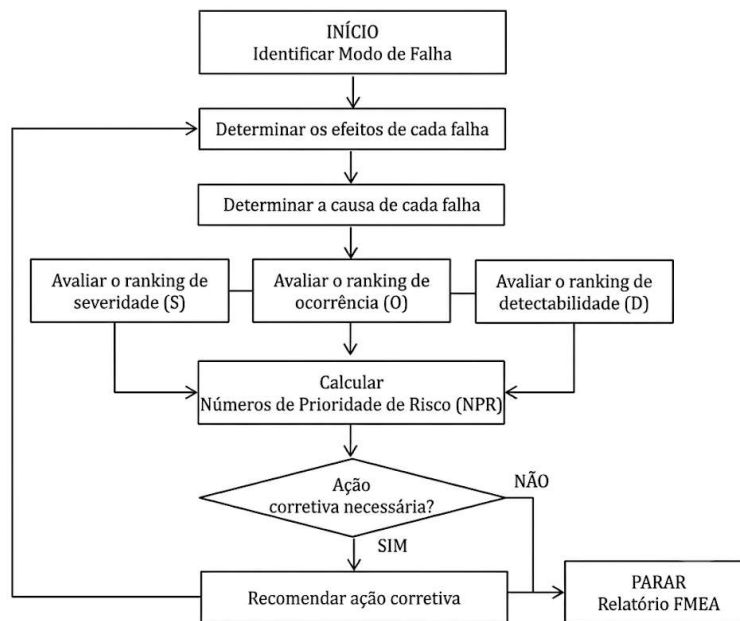


Figura 7 – Fluxograma FMEA adaptado de (Rah *et al.*, 2016)

Posto isto, é possível obter o RPN multiplicando os três fatores anteriores, este resultado é usado para estabelecer prioridades. Com esta informação no caso de ser constatada a necessidade de intervenção, devem ser examinados os mecanismos de controlo e propostas alterações.

2.2.1.8 FTA

A FTA ou Fault Tree Analysis é um procedimento relativamente diferente do FMEA, isto porque este método parte do erro grave identificado (reclamação), onde a partir daí são colocadas graficamente todas as possíveis causas tal como apresentado na Figura 8.

Por sua vez a célula a vermelho revela o erro grave identificado “MetalFAB1 não funciona”, abaixo são apresentados os eventos intermédios com relações lógicas de E/OU. Por último, a azul, apresentam-se os modos de falha, que representam as causas básicas do sistema (Peeters, Basten e Tinga, 2018). Este método é mais adequado quando o evento de topo já é conhecido.

Os objetivos deste método são muito claros:

- Identificar o evento crítico;
- Identificar as causas raiz;
- Modelar relações lógicas (e/ou)

A utilização da FTA oferece uma visão geral das variáveis que influenciam o resultado, permitindo decompor um evento crítico em causas básicas e as suas dependências que levam à falha. Isto facilita a implementação de medidas preventivas que ajudam a garantir que a execução se mantém fiel ao esperado (Peeters, Basten e Tinga, 2018).

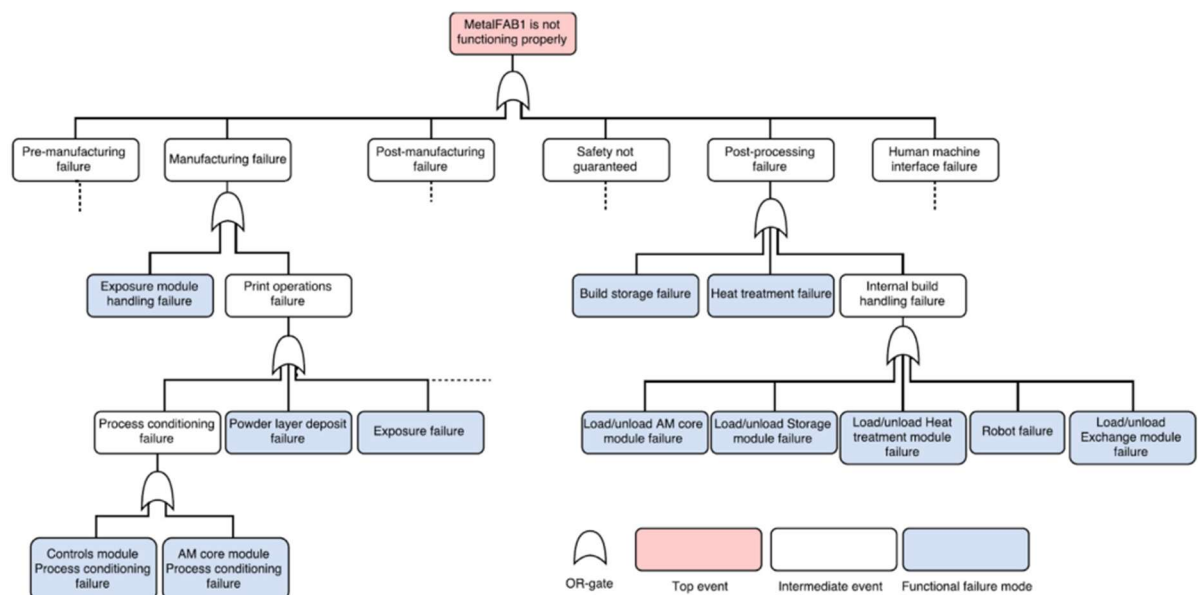


Figura 8 - Exemplo de diagrama FTA (Peeters, Basten e Tinga, 2018)

2.2.2 Garantias do Pós-Venda

2.2.2.1 *Intervenientes*

No setor da construção a entrega do produto final está longe de se tratar do final da relação entre quem executa e quem adquire, esta etapa marca o início de um período de responsabilidade jurídica.

O período de garantia surge como mecanismo para proteger o Dono de obra de defeitos de execução ou falhas de materiais, onde as entidades envolvidas neste processo são:

- **Dono de Obra** – Promotor que contrata o serviço e o principal beneficiário da garantia.
- **Empreiteiro** – Construtor com o papel de executar e com a responsabilidade da garantia dentro das normas legais.
- **Projetista** – Entidade responsável por erros de concepção.
- **Fiscalização** – Entidade que representa os interesses do dono de obra (Monteiro, 2025).

2.2.2.2 *Enquadramento Normativo*

Na ausência de regulamentação para o detalhe operacional em obras privadas, esta investigação adota o CCP como base para o seu desenvolvimento. O CCP garante a transposição de padrões de qualidade ao setor, sendo muitas vezes adotado em obras de domínio privado.

2.2.2.3 *Obrigações legais do empreiteiro*

Conforme o art. 397 do (CCP, 2025) “*o prazo de garantia varia de acordo com o defeito da obra, nos seguintes termos: a) 10 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos estruturais; b) 5 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos não estruturais ou a instalações técnicas; c) 3 anos, no caso de defeitos relativos a equipamentos afetos à obra, mas dela autonomizáveis.*”

Esta limitação, apesar de ambígua e potenciadora de dificuldades na interpretação, exige que o Engenheiro Diretor de Obra ou a Fiscalização, estabeleçam a separação clara entre o que é um componente estrutural, um elemento de acabamento ou um equipamento. No Quadro 2 abaixo, apresentam-se resumidamente exemplos de elementos comuns associados a estes três parâmetros.

Quadro 2 - Definição do tipo de Elemento Construtivo (Ana Pereira, 2022)

Elementos Construtivos Estruturais	Correspondem a partes resistentes do edifício que suportam os esforços a que o mesmo está sujeito. São elementos que comprometem a estabilidade do edifício e, por vezes, não estão visíveis e/ou acessíveis.	• Sapatas; • Estacas; • Paredes; • Resistentes; • Pilares; • Vigas; • Lajes.
Elementos Construtivos Não Estruturais	Correspondem a partes não resistentes do edifício que são suportadas pelos elementos construtivos estruturais. São elementos que não comprometem a estabilidade do edifício, sendo normalmente visíveis ou de fácil acessibilidade.	• Paredes Não Resistentes; • Isolamentos; • Revestimentos; • Caixilharias.
Instalações Técnicas	Correspondem a partes não resistentes do edifício que são suportadas pelos elementos construtivos estruturais. São elementos que não comprometem a estabilidade do edifício, sendo normalmente visíveis ou de fácil acessibilidade.	• Rede de Água; • Rede Elétrica; • Rede de Gás; • Rede de AVAC.
Equipamentos afetos a obra	Correspondem a partes não resistentes da construção que são suportadas pelos elementos construtivos estruturais. São elementos que não comprometem a estabilidade do edifício, sendo normalmente visíveis ou de fácil acessibilidade.	• Armários; • Torneiras; • Elevadores; • Ar condicionado; • Quadros Elétricos.

O mesmo documento identifica que o contrato pode estipular prazos diferentes aos referidos anteriormente e que *“O empreiteiro tem a obrigação de corrigir, a expensas suas, todos os defeitos da obra e dos equipamentos nela integrados que sejam identificados até ao termo do prazo de garantia, entendendo-se como tais, designadamente, quaisquer desconformidades entre a obra executada e os equipamentos fornecidos ou integrados e o previsto no contrato. Se os defeitos identificados não forem suscetíveis de correção, o dono da obra pode, sem custos adicionais, exigir ao empreiteiro que repita a execução da obra com defeito ou que substitua os equipamentos defeituosos, salvo se tal se revelar impossível ou constituir abuso de direito, nos termos gerais.”*(CCP, 2025).

2.2.3 Manutenção de edifícios

2.2.3.1 Conceitos de Desempenho e Vida Útil

A vida útil de um edifício é vista como o processo que prioriza garantir a integridade de um edificado e dos seus componentes, projetando-os para um nível igual ou superior ao esperado. A norma (ISO-15686-5, 2017) afirma que a vida útil de um edifício se trata do período após instalação onde o item cumpre ou excede os requisitos de desempenho estabelecidos. Existe, portanto, uma discrepância entre a vida útil adotada pelo projetista e a vida útil real do edifício.

A norma anterior introduz o cálculo custo do ciclo de vida de acordo com algumas variáveis. Deste modo o LCC ou *Life Cycle Cost* é uma técnica utilizada para prever e avaliar o desempenho de ativos construídos. A sua aplicação principal apoia-se em prever se as soluções adotadas em projeto correspondem com os requisitos esperados.

Segundo (Paulino, 2009), existem 3 pilares para atingir o ponto ótimo da vida útil de um edifício, que resulta da harmonia entre os mesmos:

- **Durabilidade** (longevidade do elemento);
- **Funcionalidade** (adaptação às exigências esperadas);
- **Rentabilidade** (equilíbrio entre custos associados à sua gestão e o orçamento de que se dispõe).

2.2.3.2 Agentes de Degradação

Ao longo da vida útil de um edifício, este fica exposto a diversos fatores que possuem a capacidade diminuir o seu desempenho.

São identificadas causas de agentes externos como poluição ou condições climáticas e causas internas mais relacionadas com os próprios materiais e a qualidade de execução (*ISO-15686-5*, 2017).

2.2.3.3 A Importância do Planeamento e da Manutenção

O planeamento da vida útil deve ser implementado na fase inicial, ou seja, na fase de projeto, permitindo que as metas de durabilidade e eficiência sejam mais facilmente atingidas.

A (*ISO-15686-5*, 2017) indica que este planeamento depende de sete variáveis, entre elas a manutenção, isto porque a frequência e a qualidade destas intervenções afetam diretamente a longevidade do ativo.

Um planeamento eficaz permite ao engenheiro adotar medidas técnicas, administrativas e de gestão, que são a base da manutenção, com o intuito de preservar um bem. Isto não só ajuda na previsão de custos, mas também permite reduzir incertezas relacionadas com o desempenho do edificado.

2.2.3.4 Elementos Fonte de Manutenção

No sentido de otimizar a manutenção é importante dividir o edifício em vários elementos, nomeados de elementos fonte de manutenção (EFM). Esta divisão, apesar de subjetiva, facilita a sua caracterização e a atuação sobre cada um deles. Estes elementos podem dividir-se em vários grupos, de acordo com a sua função no edifício (Calejo, 2025). A Figura 9 (ver completa em anexo) apresenta um exemplo de divisão dos elementos fonte de manutenção de um edifício.

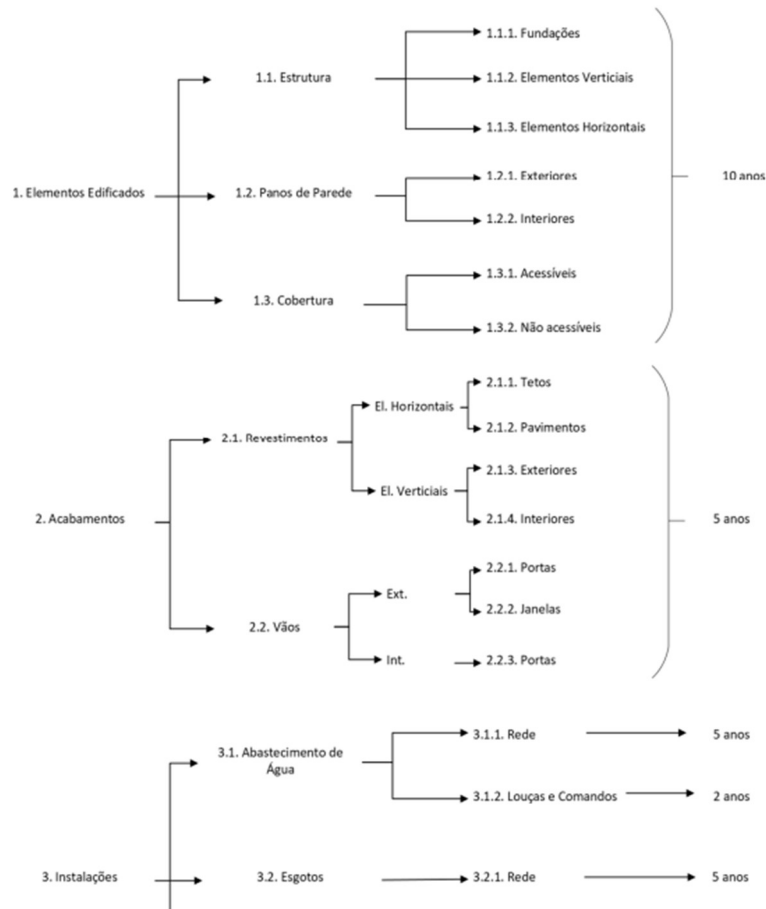


Figura 9 - Elementos fonte de Gestão (Pereira, 2022)

2.2.3.5 Atividades da manutenção

A gestão da conservação de edifícios assenta essencialmente em duas grandes tipologias de manutenção. Como é possível observar na Figura 10, existe a preventiva e corretiva. O objetivo das duas estratégias passa por assegurar que o desempenho do edificado se mantém acima do nível crítico, ainda que possuam abordagens completamente distintas.

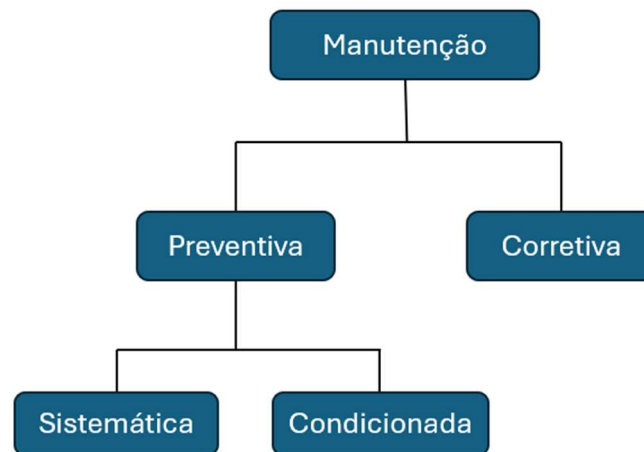


Figura 10 – Estratégias de Manutenção adaptado de (Calejo, 2025)

- A **Manutenção Preventiva** caracteriza-se por ações planejadas e implementadas antes do aparecimento das anomalias. O objetivo deste tipo de manutenção passa pela mitigação de agentes de degradação. Dentro desta tipologia existem duas abordagens:
- **Manutenção Preventiva Sistemática** é executada em intervalos de tempo pré-definidos, independentemente do estado do elemento. Esta abordagem sustenta-se na vida útil de referência indicada pelos fabricantes ou por registos e experiência do técnico.
- Já a **Manutenção Preventiva Condicionada** apoia-se na monitorização do estado real do elemento. As ações de manutenção são executadas depois de ser identificado que o estado crítico se aproxima. Esta metodologia inclui medidas relacionadas com inspeção, limpeza, proação, correção e substituição.
- Por outro lado, a **Manutenção Corretiva** é a estratégia que atua após a ocorrência da falha ou anomalia. Trata-se de uma intervenção cujo objetivo é repor o estado original do componente afetado. Esta tipologia, apesar de também resolver os mesmos problemas das anteriores, deve ser evitada, tanto para manter sempre a integridade do edifício como para controlar custos (Calejo, 2025). As práticas dominantes no setor são as reativas. Ignorar o fator manutenção resulta em edifícios caros, dado que mais de 50% dos custos de propriedade são atribuídos à manutenção (Lateef, 2009).

2.2.4 Principais erros na construção

O processo de investimento na indústria da construção envolve muitas fases. Cada etapa é passível de interrupções que resultam num determinado risco e que podem terminar na diminuição da qualidade para o cliente e também para todos os envolvidos (Hoła *et al.*, 2023).

É importante salientar que a correção de anomalias representa um encargo financeiro para as empresas, sendo estimado entre 2,40% e 3,15% do custo total do edifício (Alomari, 2022).

Um estudo citado por (Rocha; Calejo, 2017) realizado em 1991 abordou esta problemática. Resumidamente, foi concluído que os padrões de falhas mais comuns em edifícios podem ser aglomerados essencialmente em 4 grupos, sendo eles, erros de projeto, execução, materiais e utilização. Este estudo revela, através da Figura 11, que de acordo com as condições específicas desta pesquisa os erros de projeto representam quase metade das anomalias gerais.

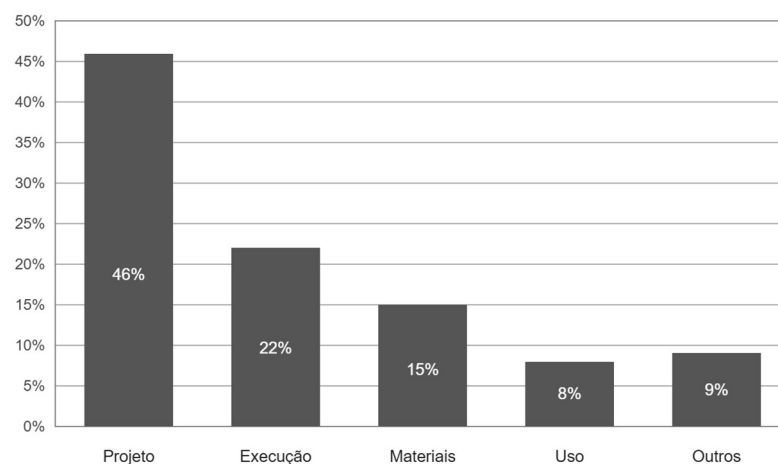


Figura 11 – Principais causas de patologias adaptado de (Rocha; Calejo, 2017)

Outro estudo realizado na Polónia apesar de desconsiderar um dos grupos de causas de patologias identificados anteriormente (a utilização), atribui classificações aos defeitos gerados por estas causas, sendo eles:

- **Muito importantes:** Impedem o funcionamento correto e podem ameaçar a saúde ou a vida (ex: fugas no telhado e fissuras estruturais).
- **Significativos:** Limitam o uso pleno, mas não obrigam à cessação da utilização nem ameaçam diretamente a vida (ex: infiltrações na caixilharia).

- **Menor importância:** Defeitos visuais que não impedem o funcionamento (ex: fissuras não estruturais, lascas de tinta) (Hola *et al.*, 2023).

Este mesmo estudo utiliza os resultados das inspeções técnicas de edifícios com múltiplas frações (apresentados por letras de A a H) e apresenta no Quadro 3 os grupos de elementos mais visados de defeitos no período de pós-venda. Entre os elementos identificados destacam-se os rebocos e as janelas.

Quadro 3 – Resumo quantitativo de defeitos em habitações (Hola *et al.*, 2023)

No.	Defect Type	Investment								Total	Percentage Share
		A	B	C	D	E	F	G	H		
1	Plasters	366	100	389	382	108	404	76	275	2100	22.43%
2	Windows	218	63	176	248	196	273	52	183	1409	15.05%
3	Flooring	130	6	139	111	53	125	16	129	709	7.57%
4	Electric installations	74	30	70	124	41	169	6	153	667	7.12%
5	Common parts	0	141	44	38	47	58	1	232	561	5.99%
6	Water and sewage installations	131	9	34	58	49	151	8	78	518	5.53%
7	Shortcomings in the cleaning of elements	79	15	102	59	61	129	11	49	505	5.39%
8	Doors	26	15	138	110	27	60	14	100	490	5.23%
9	Glazing	16	0	96	66	33	52	22	137	422	4.51%
10	Other elements	113	5	69	49	32	60	24	31	383	4.09%
11	Tiles	5	38	31	37	28	79	2	85	305	3.26%
12	Traces of moisture	66	13	38	88	18	39	20	12	294	3.14%
13	Balustrades	1	13	48	35	38	99	2	34	270	2.88%
14	Facades	25	31	12	1	41	135	14	0	259	2.77%
15	Windowsills	37	0	25	11	19	18	1	28	139	1.48%
16	Ventilation	54	10	21	17	4	19	0	12	137	1.46%
17	Insulations	47	1	32	5	6	6	21	15	133	1.42%
18	Roofs	26	4	1	16	5	5	4	0	61	0.65%
	Total	1414	494	1465	1455	806	1881	294	1553	9362	100.00%

Como referido anteriormente, estes defeitos não possuem todos os mesmos impactos. A investigação de (Denman *et al.*, 2024) mostra que a anomalia deve ser medida para além do dano físico. Deste modo, e adotando a ótica do utilizador, foi implementado um inquérito aos utilizadores, onde os fatores psicológicos dos ocupantes se apresentam tão frequentes como as limitações de uso ou até mesmo os custos associados como revela o Quadro 4. A problemática agrava-se quando analisada a taxa de resolução das patologias. Os dados indicam que 74% das falhas permanecem sem solução após a entrega (Denman *et al.*, 2024). Isto reflete uma falha crítica na gestão do pós venda e no período de garantia. Tais fatores podem afetar o custo, a indisponibilidade funcional e a própria imagem das empresas envolvidas.

Quadro 4 – Tipos de impactos para o utilizador adaptado de (Denman *et al.*, 2024)

Tipo de Impacto	Contagem	Porcentagem
Custo	44	29,30%
Uso previsto do imóvel	50	33,30%
Psicológico	50	33,30%
Saúde e Segurança	5	3,30%
Prazo	1	0,70%

2.2.4.1 Projeto

Parte da qualidade de qualquer edifício deve-se à fase de projeto e à sua documentação. (Tayeh *et al.*, 2020) identificam os principais fatores que afetam a ocorrência de defeitos na fase de projeto em edifícios residenciais na Faixa de Gaza. Na sua análise, foi realizado um inquérito que evidenciou três erros principais de projeto: testes de solo ignorados ou incorretamente realizados, falta de supervisão qualificada dos desenhos e inconsistência entre os desenhos de arquitetura e de construção. Para além disso outros estudos abordados por (Hoła *et al.*, 2023) apontam para a documentação de projeto mal elaborada e ambiguidade de detalhes no projeto. Já (Costa, 1995) afirma que os problemas nesta fase inicial se devem a erros de cálculo e à escolha de materiais inadequados.

2.2.4.2 Execução

É de notar, que segundo resultados do *Bureaus Securitas* abordado por (Costa, 1995), apesar de menos frequentes na Figura 11, os erros associados à execução apresentam custos semelhantes aos de projeto da Figura 12.

A fase de execução representa a materialização do projeto. Esta é a segunda fase com maior incidência de anomalias com impacto direto para o utilizador. Estudos mais recentes como é o caso de (Hoła *et al.*, 2023) sugerem que a discrepância entre a qualidade esperada e a entregue depende da falta de conformidade durante a construção. Esta fase é particularmente complexa devido à presença de muitos intervenientes. Segundo (Calejo, 2025) a falha nesta fase específica da obra, pode dever-se a deficiências na mão de obra, nos materiais, na tecnologia ou nos equipamentos utilizados.

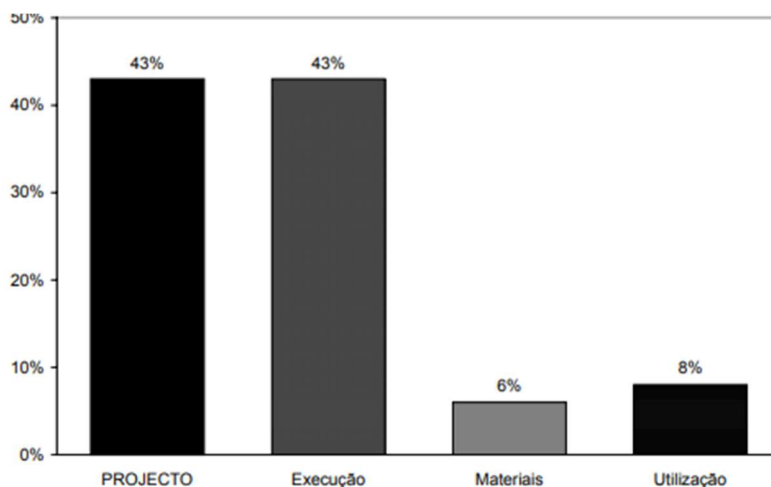


Figura 12 - % Custo total de Reparações (Costa, 1995)

2.2.4.3 Materiais

Erros relacionados com materiais estão intrinsecamente ligados com os erros de projeto e de execução. Isto porque é numa fase inicial que são adotados materiais de acordo com as suas características. No entanto, por vezes, os projetistas, com o intuito de criar interesse, profundidade visual e contraste, acabam por não priorizar a funcionalidade.

Olhando para o exemplo das fachadas dos edifícios (Ishak, Chohan e Ramly, 2007) afirmam que a utilização de uma gama variada de materiais exige obrigatoriamente um projeto cuidadoso, no sentido de evitar trabalhos de reparação precoces. Caso contrário, pode gerar danos no edifício como consta na Figura 13, onde neste caso foram identificadas consequências muito frequentes no setor.

Por outro lado, existem ainda falhas menos frequentes, mas também relevantes do lado do empreiteiro durante a execução, como a utilização de sobras de outros trabalhos, a utilização de materiais fora de validade, ou até mesmo deficiências na receção dos próprios materiais (Ishak, Chohan e Ramly, 2007).

Estes fatores têm influência na manutenção futura do edificado, podendo comprometê-la a longo prazo.

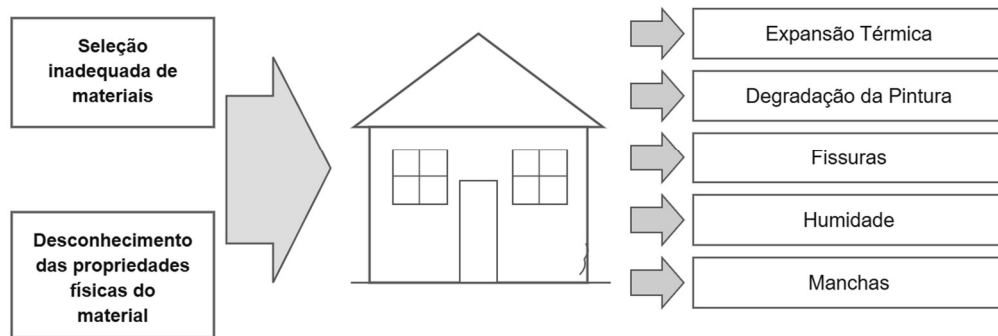


Figura 13 – Consequências de erros relacionados com materiais de fachadas adaptado de (Ishak, Chohan e Ramly, 2007)

2.2.4.4 Utilização

A utilização é a fase mais duradoura durante o ciclo de vida de um edifício, na Figura 14 podemos observar que esta fase por norma dura mais de 50 anos, ao passo que as restantes duram cerca de dois a três anos. Esta informação é relevante, no sentido de destacar a importância deste período.

Os erros numa construção derivados de utilização podem ser provenientes de uma falta de conhecimento do funcionamento dos edifícios. Por outro lado, uma incorreta manutenção do edificado, incluindo ações que a sustentem, pode ser outra das razões do surgimento de erros de utilização.

Por vezes, a manutenção é negligenciada por se considerar que a capacidade de deterioração do edifício é praticamente nula. Esta perceção aliada à falta de capacidade visual para deteção das degradações, resulta, muitas vezes, em casos onde acaba por ser impossível recorrer à manutenção, sendo o único caminho alternativo a reabilitação (Azevedo, 2016).

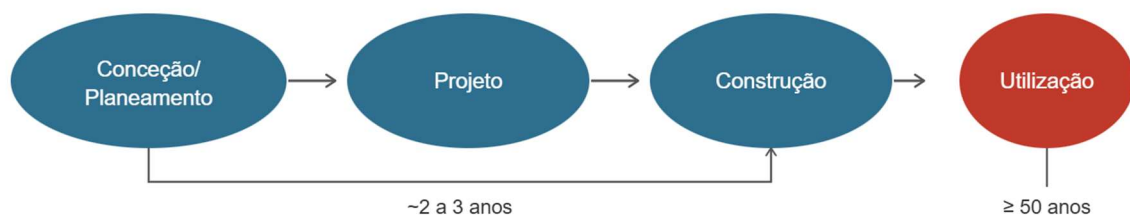


Figura 14 – Fases da tendência natural de um edifício adaptado de (Calejo, 2025).

3

APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DA BASE DE DADOS

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa responsável por apoiar este estudo é um grupo referenciado no setor da construção, cuja génese remonta à década de 1950, contando já com mais de 70 anos de experiência.

Atualmente, o grupo opera em 17 países distribuídos por todo o mundo contando com mais de 7 mil colaboradores a nível global. O compromisso com os seus trabalhadores foi reforçado em 2022, ano em que a empresa foi distinguida como uma das Melhores Empresas para Trabalhar em Portugal (pela *Great Place to Work*).

Quanto ao plano económico, o grupo apresentou um volume de negócios a rondar os mil milhões de euros em 2025, valor muito expressivos para empresas portuguesas independentemente da área de atuação. É importante referir que a organização opera em três grandes pilares estratégicos, o primeiro é a Construção que se trata do núcleo histórico do negócio, seguida da Indústria que reflete a aposta na industrialização e produção própria, e por fim o *Real Estate* onde o grupo se dedica ao desenvolvimento e gestão imobiliária.

No âmbito da sua estratégia de modernização, a empresa posiciona-se como pioneira na mudança de paradigma do setor através da integração de sistemas de pré-fabricação. Este sistema apresenta-se como sendo vantajoso no sentido de reforçar todos os benefícios da construção *off-site*, onde se destacam a sua maior sustentabilidade e rapidez.

3.2 BASE DE DADOS DA EMPRESA

A base de dados do pós-venda constitui o cerne desta investigação. Esta amostra compreende um universo de 1179 ocorrências registadas ao longo do ano de 2025 e cobre diversas tipologias de ativos. O modelo de dados organiza-se através do cruzamento de variáveis de identificação (ID do pedido, Tipo e Cliente) com os marcos temporais do fluxo de trabalho. No que respeita ao estado das ocorrências, estas podem estar em resolução, em pausa ou fechadas.

Adicionalmente, a estrutura da base de dados permite a segregação das anomalias por Elementos Fonte de Manutenção (EFM) e por níveis de Prioridade. Foram ainda integrados campos relativos às causas das falhas e aos custos associados, embora com praticamente nenhuma informação. Para uma melhor visualização da mesma, apresenta-se no Quadro 5 um excerto de algumas colunas utilizadas para o estudo.

Quadro 5 – Exemplo de excerto da Base de Dados

ID pedido	Data de reporte	Tipo	Estado	Prioridade	Descrição	Fornecedor	Tipologia local	Aprovada em	Iniciada em	Pausada em	Motivo de pausa	Fechada em
1111	2025-07-31	AVAC	Pausada	Alta	...	X	Comércio	2025-08-01	2025-08-07	2025-09-28	ASP	-
2222	2025-08-28	Janelas Ext.	Fechada	Normal	...	Y	Comércio	2025-08-29	2025-09-04	-		2025-09-04
3333	2025-08-28	Pavimentos	Fechada	Normal	...	Z	Habitação	2025-08-29	2025-09-04	2025-09-17	ASP	2025-11-21

Dada a falta de uniformização nos registos, foi aplicado um processo de limpeza para corrigir os dados que contempla as seguintes etapas:

1. Normalização da Linguagem e Eliminação de dados Duplicados

Verificou-se que a informação não se encontrava uniformizada, com ocorrências idênticas registadas sob terminologias distintas. Foi então efetuado um ajuste terminológico para garantir que patologias da mesma natureza fossem agrupadas sob a mesma designação.

2. Agrupamento de Elementos Fonte de Manutenção (EFM)

Os registos originais apresentavam um nível de detalhe excessivo na descrição dos componentes, o que dispersava a amostra e dificultava a identificação de padrões de falha.

Desta forma os EFM na base de dados denominados de “Tipo” passaram de 299 para 25 categorias.

3. Tratamento de Dados Ausentes (*Missing Data*)

Um dos desafios críticos na organização da base de dados residiu na existência de células em branco nos campos relativos aos tempos de resposta (Decisão, Ação e Intervenção). Para evitar que estas lacunas distorcessem as médias e os indicadores estatísticos, os campos sem informação foram convertidos para a designação "N/A" (Não Aplicável).

4. Validação de Coerência Cronológica

Durante a fase de tratamento, foram identificadas anomalias estatísticas, como por exemplo, o facto da média de um intervalo parcial “Tempo total após Aprovação” se apresentar superior à média do “Tempo Total.” Este fenómeno não decorreu de um erro de cálculo, mas sim de uma assimetria na amostra, ou seja, como o campo “Tempo Total” possui mais registos preenchidos do que o campo “Tempo Total após Aprovação”, as duas médias são calculadas sobre amostras diferentes, o que explica a aparente incoerência.

5. Harmonização da Métrica Temporal

Foi verificado que a empresa contabiliza os tempos de resposta com base no período útil laboral (8 horas diárias) e não em tempo cronológico contínuo. Para viabilizar a análise e a comparação com prazos reais de calendário, procedeu-se à conversão deste registo temporal limitado para tempo de calendário.

6. Análise e Tratamento da Discrepância Temporal

No Quadro 6, observa-se que o somatório das médias de Decisão (3d), Ação (43d) e Intervenção (21d) totaliza 67 dias. Uma vez que o processo cronológico de resposta ao cliente deveria apenas passar pela decisão, ou seja, a aprovação administrativa da empresa, pela ação, designadamente a disponibilização de recursos para o terreno e por fim pela intervenção, onde efetivamente é resolvido o pedido de assistência. o somatório destes tempos deveria em teoria ser semelhante ao Tempo Total.

No entanto estes 67 dias representam um valor significativamente inferior aos 174 dias registados como Tempo Total na base de dados. Esta discrepância, em que o Tempo Total é cerca de 2,6 vezes superior ao valor esperado, sugere inconsistência influenciadas por fatores externos ou métricas de registo distintas.

Quadro 6 – Tempos médios de resposta retirados da base de dados

Tempo em dias	Média
Tempo para aprovar (Decisão)	3d
Tempo para iniciar após aprovação (Ação)	43d
Tempo de mão de obra (Intervenção)	21d
Tempo Total	174d

Identificam-se duas hipóteses para esta inflação do indicador de tempo total:

- Em processos com múltiplas visitas, a média da Intervenção pode reportar apenas a duração de uma visita isolada (ex: 2 dias), ao passo que o Tempo Total abrange o tempo completo entre a primeira e a última deslocação.
- A hipótese de esquecimento por parte do cliente em fechar o pedido no sistema após a conclusão física do serviço.

Face a estas assimetrias, a solução adotada nesta investigação passou por adicionar outro indicador designado de Tempo Total (Somado) como sendo o somatório dos três intervalos parciais para distinguir do Tempo Total.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise inicial dos 1179 pedidos revela uma taxa de conclusão de 70% (pedidos no estado “Fechados”) como ilustra a Figura 15, existem ainda pedidos pausados, a aguardar resolução, em resolução e pausados. No entanto, o dado mais alarmante reside precisamente nos 24% de pedidos Pausados. Isto indica que cerca de 1 em cada 4 pedidos é pausado.

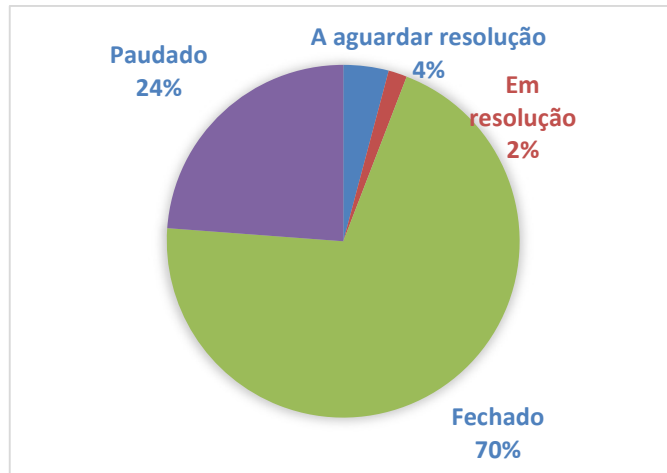


Figura 15 - Estado dos pedidos

A base de dados é dominada pelo setor residencial, com 73% das ocorrências em Habitação (Figura 16). No que toca à prioridade dos pedidos observa-se uma forte concentração em níveis elevados, cerca de 90% dos pedidos são classificados como Prioridade Normal e Alta (Figura 17). Estes dados justificam a proposta de reclassificação dos pedidos de acordo com parâmetros inconfundíveis na metodologia proposta que será introduzida no próximo capítulo.

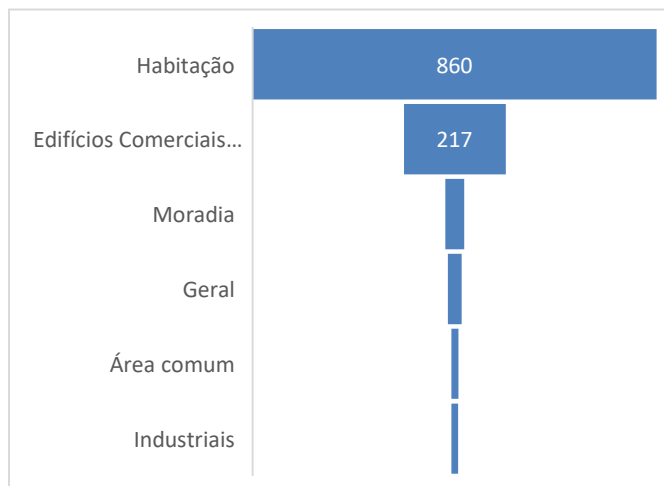


Figura 16 - Tipologia dos edifícios de intervenção

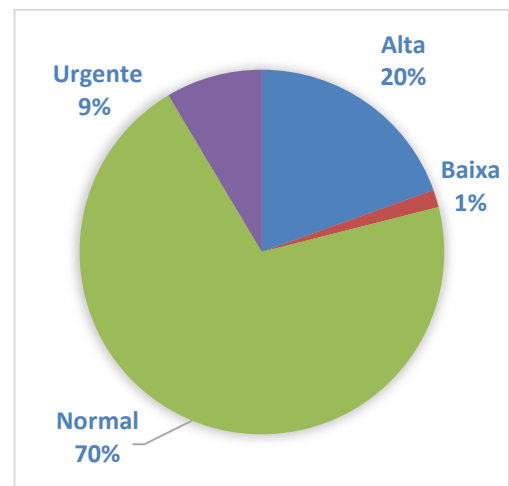


Figura 17 - Nível de prioridade dos pedidos

O gráfico da Figura 18 de Contagem de Causas revela a maior oportunidade de melhoria deste trabalho. A causa “Sem Centro de Custos” aparece em 77,6% dos registos.

Esta categoria não representa uma causa técnica, mas sim uma consequência administrativa. Ao classificar a maioria das anomalias desta forma, inviabiliza-se a capacidade de aprender com os erros. Embora a descrição da anomalia por vezes contenha pistas sobre as verdadeiras causas, a falta de uma causa estruturada impede a análise estatística de falhas. É precisamente neste contexto que este estudo inclui na sua metodologia a Árvore de Falhas, para aprofundar as causas reais e permitir que a empresa adote comportamentos preventivos.

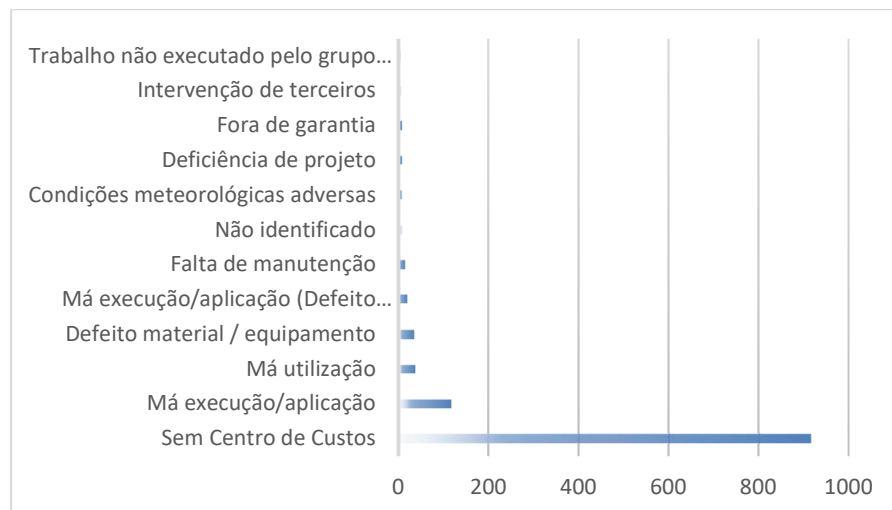


Figura 18 – Contagem de Causas

O Gráfico de Pareto das anomalias (Figura 19) mostra que dois elementos concentram quase 25% de todas as queixas, sendo eles, as Paredes Interiores (11,9%) e o AVAC (11,5%)

Estes serão os candidatos ideais para a análise FTA, pois pequenas melhorias nestes sistemas terão um impacto desproporcional na redução do volume total de reclamações e custos. A maioria dos elementos mais visados pela empresa são transversais à literatura consultada (Hoła *et al.*, 2023).

Face à natureza das causas registadas, no Quadro 7 foi realizada uma análise detalhada das descrições das anomalias na base de dados para identificar as suas origens técnicas reais.

Este processo de tratamento de dados permitiu isolar 390 casos (Quadro 7), focados nos 7 elementos de construção com maior incidência de queixas.

Ao transpor os dados para um quadro, é possível ter uma visão mais realista dos problemas existentes. Destaca-se que mais de um terço dos registos de anomalias estão relacionados com problemas de infiltrações.

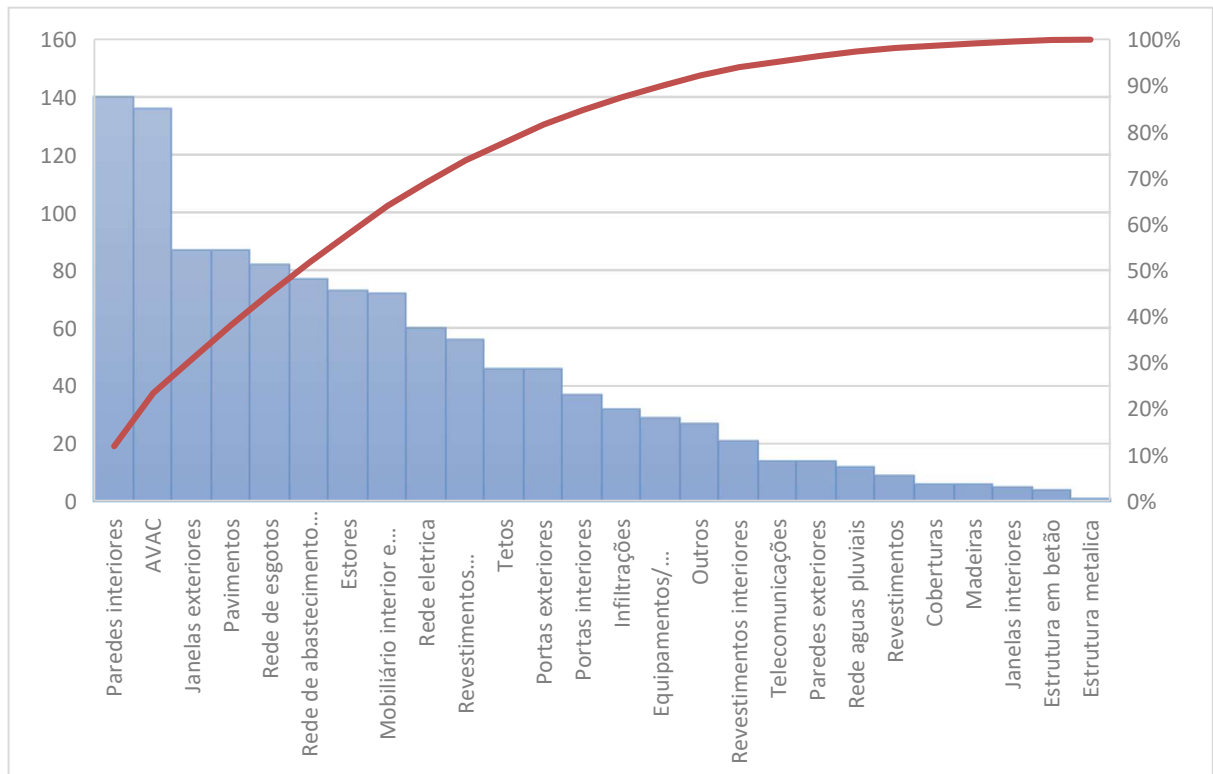


Figura 19 – Elementos Fonte de Manutenção mais afetados

Quadro 7 – Tipos de defeitos por elemento de construção (mais frequentes)

Tipos de defeitos	Elementos de Construção							Total Geral
	Paredes interiores	AVAC	Janelas exteriores	Pavimentos	Rede de esgotos	Rede de abastecimento águas	Estores	
Avaria/ Erro mecânico	0	8	13	0	12	19	21	73
Deficiente ligação/colagem	3	4	0	10	9	4	0	30
Fissuras retração	69	0	0	2	0	0	0	71
Infiltração/Estanquidade	40	34	19	18	16	14	0	140
Quebra /rompimento	0	1	10	8	7	6	8	40
Ruido	0	5	28	0	1	1	1	36
Total Geral	112	51	70	38	45	44	30	390

A análise da Figura 20 revela que ocorrências classificadas com prioridade “Baixa” apresentam o menor tempo de resolução (29 dias), sendo concluídas em menos de metade do tempo das ocorrências de prioridade “Alta” (59 dias) ou “Normal” (60 dias). Este fenómeno pode indicar que pedidos de prioridade “Baixa” estão frequentemente associados a anomalias de fácil execução.

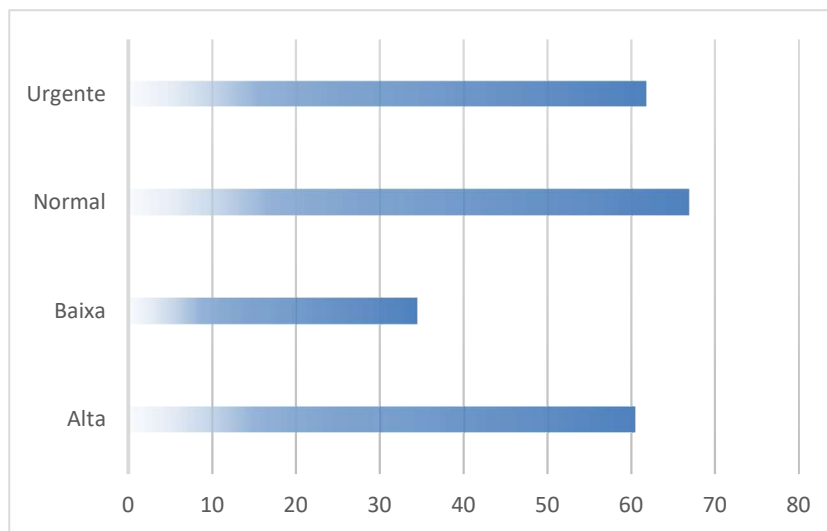


Figura 20 – Média de tempo total (somado) para fechar pedidos por nível de prioridade

No que respeita à eficiência temporal Figura 21, existem 5 janelas temporais, sendo elas:

1. **Tempo de Decisão:** Intervalo entre o registo da ocorrência e a aprovação administrativa.
2. **Tempo de Ação:** Período de espera entre a aprovação e a deslocação da equipa ao local.
3. **Tempo de Intervenção:** Janela temporal total desde o início até à conclusão dos trabalhos.
4. **Tempo Total (somado):** Somatório dos tempos de Decisão, Ação e Intervenção.
5. **Tempo Total:** Duração acumulada de todo o processo, incluindo todas as esperas e Pausas.

Os indicadores médios (Figura 21) mostram que o maior problema não reside na tomada de decisão ou na execução técnica isolada, mas sim no intervalo de espera entre estas fases.

O Tempo de Decisão apresenta-se eficiente, com uma média de apenas 3,1 dias, contudo, o Tempo de Ação aponta para uma média de 43,1 dias, revelando dificuldades na mobilização de profissionais ao terreno.

Uma vez iniciada, a Intervenção Técnica média é de 21,4 dias, valor razoável para a complexidade do setor. A junção destas três janelas temporais resulta na média de tempo somado de 67,7 dias, mas que, somado às esperas e possíveis pausas, culmina num Tempo Total médio de 174,3 dias evidenciando o peso das esperas e pausas no processo.

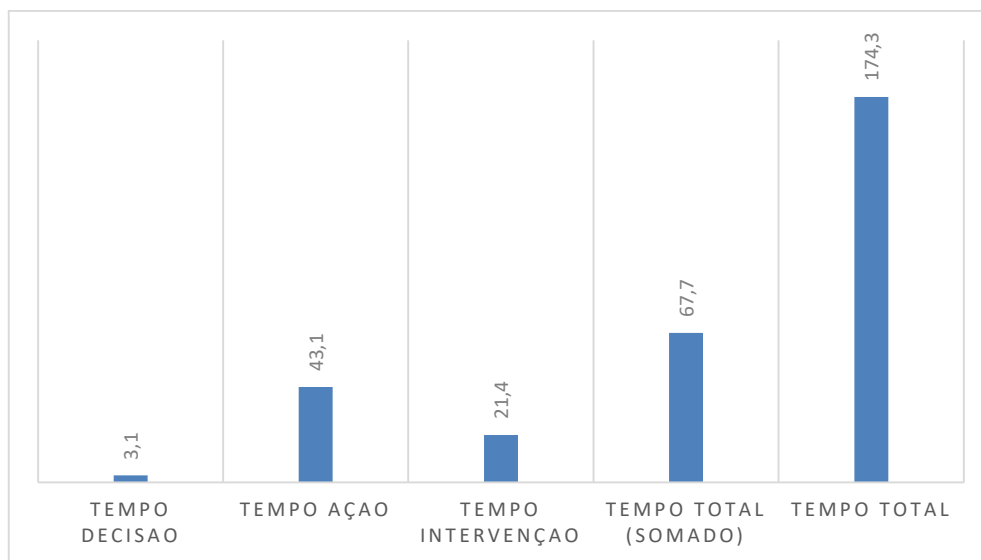


Figura 21 – Média de tempos de resposta da empresa (em dias)

4

PROPOSTA DE MODELO

4.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo constitui o núcleo desta dissertação, onde se materializa a transição entre o conhecimento teórico sistematizado no Capítulo 2 e a análise dos dados de pós-venda. O objetivo central é propor um modelo que use os dados fornecidos pela empresa e os interprete no sentido de identificar a causa e propor melhorias.

Para tal, a proposta assenta na estruturação de um fluxo de análise que utiliza a ferramenta *Fault Tree Analysis* (FTA), para diagnosticar a origem das anomalias registadas. Este modelo não visa apenas contribuir para a correção pontual do defeito, mas sim a identificação de falhas sistémicas nas fases de projeto, execução e utilização. A metodologia aqui descrita servirá de guia para a aplicação do método abordado no capítulo seguinte.

No presente capítulo, entre outros parâmetros, vão ser avaliados dados relativos aos elementos fonte manutenção mais afetados, tendo em conta o nível de prioridade. Por outro lado, através de uma análise multicritério, vão ser avaliados os tempos de reação da empresa referentes ao pedido de assistência dos clientes.

Neste sentido, serão apresentados os casos de estudo com o intuito de demonstrar sucintamente a realidade da empresa, para que o método se foque em problemas cuja resolução faça sentido.

4.2 FTA

A análise por árvore de falhas é uma técnica gráfica e descendente (*top-down*), que permite analisar um evento indesejado (evento de topo) através da identificação das combinações de falhas de componentes e os erros humanos que o causaram.

No contexto desta dissertação, o FTA é utilizado para inverter a lógica do erro, ou seja, parte-se da reclamação do cliente no pós-venda para encontrar a causa raiz (NASA, 2002).

É importante salientar que o modelo FTA não pretende identificar todas as falhas possíveis do sistema ou de todas as causas possíveis. Uma árvore de falhas é desenhada à medida para o seu evento de topo, que corresponde a um modo de falha do sistema. Além disso, estas falhas cobrem apenas os erros que são avaliados como realistas pelo analista (NASA, 2002).

4.2.1 Objetivos

A utilização desta metodologia oferece vantagens competitivas e operacionais para a empresa. Segundo consta nos textos de justificação do *Software* (Infraspeak, 2023), inclusive utilizado pela empresa, os objetivos do FTA são bastante claros e abordam os seguintes tópicos:

- **Aumento da conformidade com normas de segurança:** Garantir que o edificado cumpre os requisitos legais e técnicos.
- **Mapeamento da relação entre falhas e subsistemas:** Visualizar como um erro num subsistema (ex: impermeabilização) afeta o sistema global (ex: revestimentos interiores).
- **Estabelecimento de prioridades:** Identificar quais os eventos de topo que requerem intervenção imediata ou a revisão de processos por parte da organização.
- **Mudanças no projeto na fase inicial:** Implementar melhorias durante a fase de projeto, de modo a evitar riscos futuros.
- **Avaliação probabilística de risco:** Transformar dados qualitativos de reclamações em indicadores quantitativos sobre a probabilidade de falha de componentes específicos (Infraspeak, 2023).

4.2.2 Constituição

Uma árvore de falhas é composta por um complexo de entidades conhecidas como portas, que servem para permitir ou inibir a passagem da lógica de falha pela árvore, apesar de existirem mais, nesta dissertação vão ser utilizadas apenas duas (“e”, “ou”) visíveis na Figura 22. As portas mostram as relações de eventos necessários para a ocorrência de um evento superior.



Figura 22 – Representação gráfica das portas adaptado de (Kabir, 2017)

Os eventos podem ser de topo, base, não desenvolvidos, intermédios ou condicionantes, assim como demonstra a Figura 23. Graficamente, o modelo de FTA proposto será constituído pelos seguintes elementos simbólicos:

- **Evento Base:** Representa as causas primárias que não necessitam de mais decomposição.
- **Evento não desenvolvido:** Evento onde o seu desenvolvimento é irrelevante para a análise.
- **Eventos Intermédios:** Falhas que contribuem para o evento de topo, mas que requerem maior detalhe.
- **Evento de Topo:** Representa o estado de falha identificado na base de dados.
- **Evento Normal:** Representa um comportamento do sistema e não propriamente uma falha.
- **Evento Condicionante:** Serve de restrição ou condição especial para portas específicas.
- **Porta OU (OR-gate):** Indica que o evento superior ocorre se qualquer um dos eventos inferiores acontecer.
- **Porta E (AND-gate):** Indica que o evento superior só ocorre se todos os eventos inferiores acontecerem simultaneamente (Kabir, 2017).

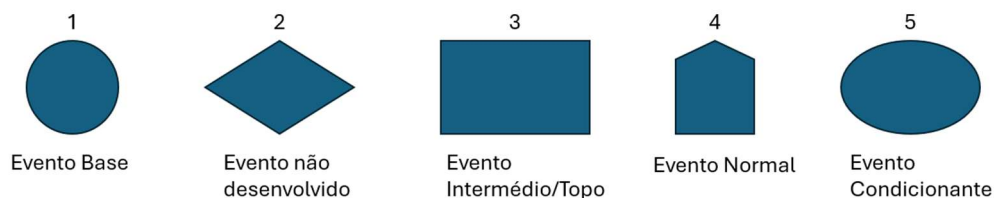


Figura 23 - Representação gráfica dos Eventos adaptado de (Kabir, 2017)

4.2.3 Etapas

O processo de construção das árvores de falhas para o caso de estudo seguirá as seguintes etapas metodológicas desenvolvidas na Figura 24:

- Identificar o objetivo do Método FTA;
- Definir o Evento de Topo;
- Definir o âmbito do Método FTA;
- Definir o nível de detalhe do Método FTA;
- Definir as regras básicas do Método FTA;
- Construir o Método FTA;
- Avaliar o Método FTA;
- Interpretar/Apresentar os resultados (Diogo Couceiro de Queiroz Neves, 2022; NASA, 2002).

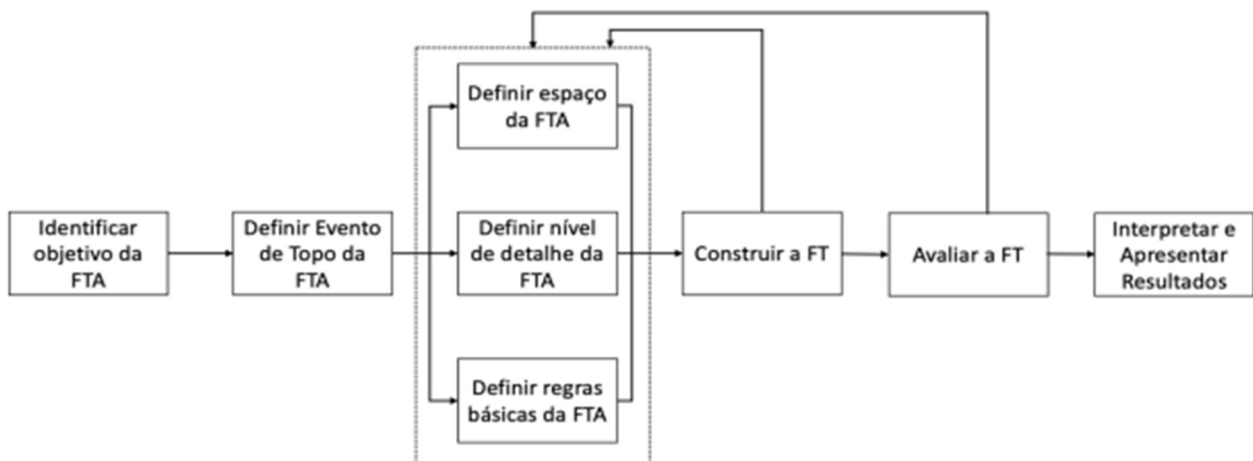


Figura 24 – Etapas da elaboração de uma Árvore de Falhas (Diogo Couceiro de Queiroz Neves, 2022)

Na **etapa 1** o objetivo deve ser formulado de acordo com uma falha no sistema. Este deve satisfazer as necessidades da entidade interessada na análise. Neste caso específico, o interesse é evitar a repetição sistemática do erro.

A **etapa 2** contempla a identificação do evento de topo, cujas causas serão colocadas em evidência. Este define todo o desenvolvimento das causas elementares.

A **etapa 3** estabelece o que vai ser incluído ou excluído da análise. A **etapa 4** define o nível de detalhe implementado no sistema.

A **etapa 5** estabelece a nomenclatura adotada para os eventos e portas lógicas, no sentido de garantir que haja facilidade na interpretação da árvore.

A **etapa 6** envolve a construção gráfica e lógica através dos elementos apresentados nas figuras 20 e 21.

A **etapa 7** diz respeito ao momento em que o desenho da árvore é transformado em dados concretos para a tomada de decisão. No sentido de saber quão frágil é o sistema existem dois tipos de avaliação. Na avaliação qualitativa onde não são usados números, mas sim a lógica booleana para encontrar conjuntos de cortes mínimos, que são simplesmente a combinação de falhas básicas que combinadas geram obrigatoriamente o evento de topo. O seu número de ordem indica quantos eventos básicos são necessários para desencadear o evento de topo. (Ex.1: Conjunto de primeira ordem - necessita apenas um acontecimento base para gerar o erro; Ex.2: Conjunto de quarta ordem necessita de quatro eventos para gerar o erro.) Por outro lado, na avaliação quantitativa entramos na probabilidade estatística, usando os dados da base de dados da empresa.

Por fim a **etapa 8** diz respeito à interpretação. Os resultados devem apresentar implicações claras para os decisores.

4.3 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

A aplicação do modelo à realidade da empresa construtora baseia-se no cruzamento da base de dados com as árvores de falhas teóricas. A metodologia segue o fluxo da Figura 25, cujas etapas estão numeradas de acordo com o presente capítulo. A principal contribuição original desta dissertação é o próprio método, que articula fatores relevantes nele incluídos.

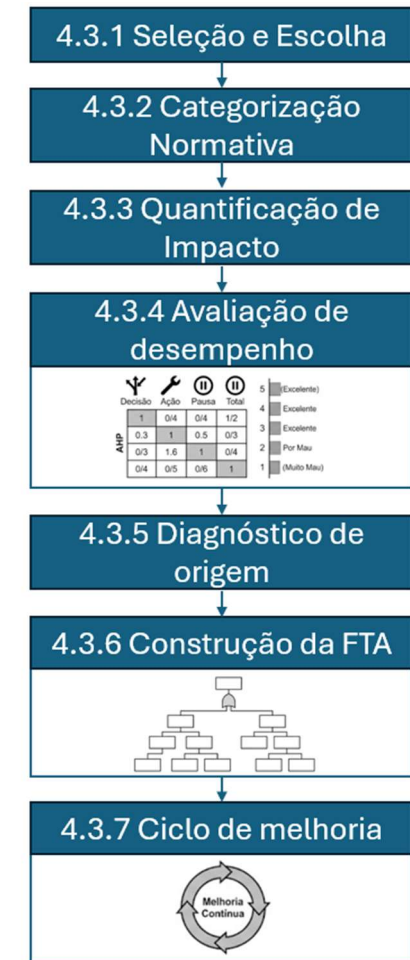


Figura 25 – Fluxo da metodologia

4.3.1 Seleção das anomalias da base de dados

Uma vez que existem limitações temporais intrínsecas a esta dissertação, não é viável submeter a totalidade das ocorrências ao método apresentado. Deste modo o autor optou por uma seleção dos eventos de topo que, fundamentada pela análise estatística, contempla os EFM com maior frequência de intervenção.

Esta seleção deu origem aos casos de estudo identificados no próximo capítulo. Cada caso de estudo representa apenas um pedido de suporte dentro do grupo de anomalias semelhantes. Cada um destes foi escolhido tendo em conta a maior recorrência de casos semelhantes e a quantidade de informação (imagens, registos e projetos) disponível.

4.3.2 Categorização Normativa

Nesta fase é feita a classificação das anomalias segundo os prazos de garantia do CCP (3, 5 ou 10 anos) e indicado o tipo de elemento. Para tal, foi adotada a divisão introduzida por (Pereira, 2022), que separa os EFM em quatro grupos posteriormente subdivididos na Figura 9. Será apenas introduzida uma alteração, isto porque, recentemente foi atualizado o CCP, descrito na revisão bibliográfica, onde o prazo de 2 anos para equipamentos autonomizáveis passou para 3 anos.

4.3.3 Quantificação de Impacto

A gestão do pós-venda na organização em estudo utiliza, atualmente, um sistema de triagem baseado em quatro níveis de prioridade, designadamente **Baixa, Normal, Alta e Urgente**.

Esta decisão é definida, numa primeira instância, pelo próprio cliente no ato da reclamação. No entanto, observa-se uma tendência para a sobrevalorização do impacto por parte do utilizador. Por este motivo, todos os registos são sujeitos a uma revisão técnica por parte da equipa de pós-venda para validar a real urgência da intervenção. Apesar desta revisão ser feita por profissionais, a mesma depende da análise dos mesmos, que pode eventualmente culminar em inconsistências na avaliação.

De forma a conferir maior rigor científico à análise da base de dados e permitir a posterior aplicação do método FTA, propõe-se uma reclassificação das anomalias baseada na gravidade das consequências. Esta abordagem permite distinguir as reclamações mais superficiais das que carecem de ações mais imediatas. Surge então segundo (Hola *et al.*, 2023) uma divisão com critérios para avaliar o nível de urgência das intervenções, apresentado na revisão bibliográfica que inclui os 3 níveis:

- **(3) Muito importantes (Críticas):** Incluem falhas que podem constituir uma ameaça à saúde ou à vida dos ocupantes.
- **(2) Significativas:** Correspondem a anomalias que limitam o uso pleno de um elemento ou espaço, mas que não obrigam à cessação imediata da utilização nem representam perigo de vida.
- **(1) Menor Importância:** Referem-se essencialmente a defeitos visuais ou de acabamento que não comprometem a funcionalidade do sistema.

É relevante referir que, cada caso de estudo não representa apenas uma anomalia, mas sim um conjunto de anomalias da mesma natureza, é natural que a definição do nível de importância seja relativa ao conjunto, ou seja, pode haver desvios, mas tendem a apresentar o nível identificado.

4.3.4 Avaliação do Desempenho Operacional (Resposta ao Cliente)

Complementarmente ao impacto das anomalias, esta metodologia introduz um modelo de avaliação da eficiência da organização no processo de resposta ao cliente. Para tal, é aplicada uma Análise Multicritério (MCA) baseada no método Analytic Hierarchy Process (AHP), que permite converter os tempos de resposta registados na base de dados num Índice de Operacionalidade (IO) quantitativo, numa escala de 1 (Muito Mau) a 5 (Excelente) (Diego Calvetti, 2024).

Inicialmente, foi considerada uma abordagem estatística baseada na distribuição de frequências (Quartis e Medianas) da amostra. No entanto, verificou-se (ver Quadro 8) que a elevada dispersão dos dados brutos gera intervalos sem aderência à realidade prática, e como tal, entendeu-se propor um novo quadro classificatório.

Quadro 8 – Avaliação estatística de tempos de resposta

Tempo de resposta (dias)	Quartil 25 (Nota 5)	Mediana (Nota 4)	Quartil 75 (Nota 3)	Quartil 90 (Nota 2)
Decisão	0,0 dias	0,2 dias	1,1 dias	3,0 dias
Ação	0,9 dias	5,7 dias	15,0 dias	41,1 dias
Intervenção	0,0 dias	0,0 dias	3,0 dias	23,5 dias
Total	13,8 dias	36,0 dias	78,2 dias	146,4 dias

Para o novo quadro, optou-se por excluir o parâmetro "Tempo de Intervenção" (duração da mão de obra) da avaliação direta. Esta decisão fundamenta-se no facto de a duração de uma reparação estar intrinsecamente ligada à complexidade técnica da anomalia. Manter este indicador resultaria numa classificação desequilibrada, onde anomalias graves seriam pontuadas negativamente, independentemente da eficiência da equipa. Adicionalmente foi substituído o parâmetro de “Tempo total” pelo “Tempo total (somado)” e a justificação da sua adoção, remete-se para a secção 3.3.

Com o intuito de desenvolver a nova tabela classificatória com maior aderência ao contexto da empresa (Quadro 10), primeiramente foi consultado o Decreto-Lei n.º 84/2021: o art. 18.º que estabelece um prazo de 30 dias para a reparação, mas aplica-se apenas a bens móveis; para os bens imóveis, o art. 15.º refere apenas que a reparação deve ser efetuada num “prazo razoável”. Isto dá muita liberdade à elaboração de uma tabela cujo objetivo é avaliar esta resposta por parte da empresa, uma vez que a lei não é clara.

Posto isto, o quadro desenvolvido com classificação 1 a 5, onde 5 é excelente e 1 inaceitável, estão incluídos os valores médios de tempos relativos à Decisão, Ação e Total (somado) da base de dados da empresa, presentes nos intervalos de tempo da nota classificatória 3 (aceitável) e os restantes intervalos classificatórios advêm da sua iteração.

Esta abordagem permite à empresa identificar de forma comparativa quais elementos exigem maior necessidade de melhoria. Esta calibração não pretende desvalorizar o esforço atual, mas sim evidenciar o potencial de otimização dos processos para aproximar o serviço de pós-venda dos patamares de excelência identificados com as notas 4 e 5.

Por fim, a inclusão da coluna Pausa no modelo de avaliação visa monitorizar a fluidez e a continuidade do processo. A sua lógica de pontuação baseia-se na atribuição de responsabilidades: processos sem interrupções recebem a pontuação máxima (Nota 5), enquanto processos pausados são avaliados de acordo com a causa da paragem. Para a distinção, as pausas foram categorizadas em Externas/Justificáveis (Nota 3), quando motivadas por impedimentos alheios à organização como a disponibilidade do cliente ou condições meteorológicas (ACM, ADC, ARC), e Internas/Injustificáveis (Nota 2), quando decorrentes de oportunidades de melhoria na gestão logística, materiais ou coordenação de subempreiteiros (AJC, AME, AMO, AOR, APS, ASP, RDT) (Quadro 9).

Quadro 9 – Motivos de pausa da organização

Motivos de pausa
ACM - Aguarda Condições Meteorológicas Favoráveis
ADC - Aguarda Disponibilidade do Cliente
AJC - Procedimento Interno
AME - Aguarda Material/Equipamento
AMO - Mão de Obra (Necessita MO Especializada/Adicional)
AOR - Procedimento Interno
APS - Procedimento Interno
ARC - Aguarda Resposta do Cliente
ASP - Aguarda Disponibilidade de Sub-Empreiteiro/Parceiro
RDT - Resolução diferida no Tempo

Quadro 10 – Avaliação baseada nos prazos regulamentares e valores médios

Nota	Significado	Tempo de Decisão	Tempo de Ação	Tempo Total Somado	Pausa
5	Excelente	Até 1 dia	Até 15 dias	Até 20 dias	Sem pausas
4	Bom	1 a 2 dias	15 a 30 dias	20 a 60 dias	-
3	Aceitável	2 a 5 dias	30 a 60 dias	60 a 80 dias	Pausa Justificada
2	Mau	5 a 15 dias	60 a 90 dias	80 a 120 dias	Pausa Injustificada
1	Muito Mau	> 15 dias	> 90 dias	> 120 dias	-

Para garantir o rigor na agregação das diferentes etapas, utilizou-se o método AHP (Analytic Hierarchy Process). Através de uma matriz de comparação par a par, foram comparados os quatro critérios entre si, resultando na atribuição dos seguintes pesos: Decisão (6%), Pausa (15%), Ação (28%) e Total (51%). Estes pesos refletem a importância estratégica de cada critério para o desempenho operacional e satisfação do cliente. A validade dos julgamentos foi verificada através do Rácio de Consistência (CR = 0,0074), indicador que avalia a coerência lógica das variáveis (aceitável quando $\leq 0,10$) (Figura 26) (Diego Calvetti, 2024).

Comparative Matrix for Options (CMop)				
	Decisão	Pausa	Ação	Total
Decisão	1	0,33	0,2	0,14
Pausa	3	1	0,5	0,25
Ação	5	2	1	0,5
Total	7	4	2	1
sum	16	7,33	3,7	1,89

Normalised Comparison Matrix (Nop)					
	Decisão	Pausa	Ação	Total	Priority
Decisão	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06
Pausa	0,19	0,14	0,14	0,13	0,15
Ação	0,31	0,27	0,27	0,26	0,28
Total	0,44	0,55	0,54	0,53	0,51

Weighted Sum Vector		Consistency Vector		Consistency Analyses	
Wt. SUM Vector		Consistency Vector		n	4,0000
0,23556		3,99842		Lambda	4,0200
0,59289		4,01054		CI	0,0067
1,12688		4,02394		CR	0,0074
2,07702		4,04710			

Figura 26 – Matriz de Comparação AHP (Diego Calvetti, 2024)

- **Tempo de Decisão (6%):** Prazo de validação administrativa interna da reclamação.
- **Pausa (15%):** Indicador de continuidade e eficiência processual, que penaliza interrupções no fluxo de trabalho.
- **Tempo de Ação (28%):** Agilidade necessária para a mobilização de equipes técnicas.
- **Tempo Total (somado) (51%):** O indicador crítico referente ao tempo total do processo de resolução do pedido do cliente sem pausas e interrupções.

A classificação final de cada ocorrência na base de dados é obtida através da seguinte expressão linear:

$$IO = N1(Decisão) * 6\% + N2(Pausa) * 15\% + N3(Ação) * 28\% + N4(TotalSomado) * 51\%$$

Onde N representa a nota atribuída de 1 (Muito Mau) a 5 (Excelente) em cada critério, segundo os intervalos e definições estabelecidos no modelo de *benchmarking*. Este índice de operacionalidade IO servirá, posteriormente, para avaliar os casos de estudo escolhidos, classificando o seu desempenho operacional para a aplicação do método FTA.

Apesar da metodologia estar pensada para a aplicação a um caso isolado, de modo a evitar resultados enviesados, este indicador em específico irá abranger todo o grupo de anomalias de cada caso de estudo.

4.3.5 Diagnóstico de Origem

A identificação da causa primária da anomalia é um passo necessário para alimentar a estrutura lógica do FTA. Por esse motivo, embora a revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 2 identifique quatro grupos distintos de origem: **Projeto, Execução, Materiais e Utilização**, esta metodologia propõe uma simplificação do modelo para efeitos de diagnóstico de origem.

Nesta abordagem, o grupo dos Materiais é integrado nos domínios do Projeto ou da Execução. Desta forma, os eventos de topo da árvore de falhas serão decompostos nesses três eixos principais de causalidade. Esta estrutura, proposta no âmbito do presente trabalho, baseia-se na distribuição temporal do edificado apresentada na Figura 14. A Figura 27 apresenta o resultado do diagrama nesta fase inicial.

Anomalias resultantes de erros de conceção ou de uma utilização desadequada por parte do proprietário não deveriam ser assumidas pela empresa construtora sob o regime de garantia de execução. No entanto, a realidade dos registos de pós-venda revela frequentemente uma sobreposição de causas.

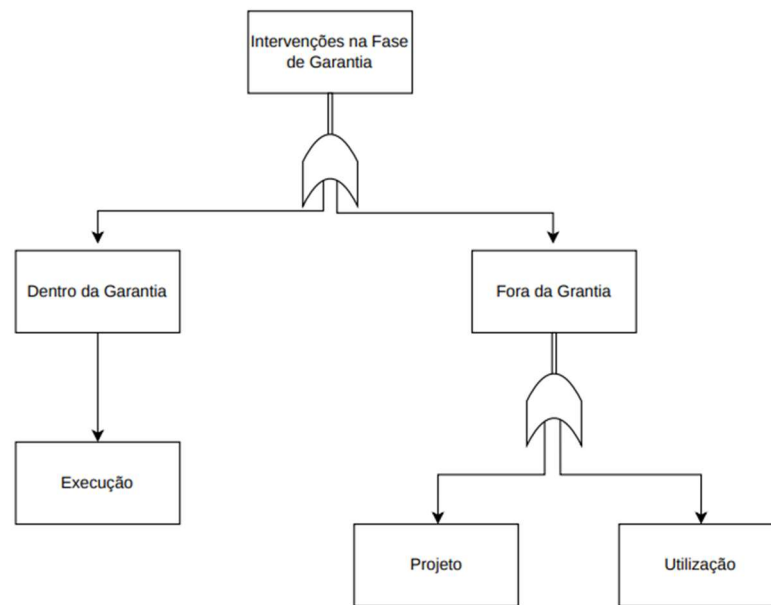


Figura 27 – Diagrama FTA inicial

A determinação da origem baseia-se no cruzamento de dados de auditorias internas da empresa, realizadas através de um questionário estruturado e das conclusões do autor. Este inquérito foi desenhado de forma a replicar a lógica da Árvore de Falhas (FTA), onde cada pergunta guia o participante pelos diferentes níveis de falha até identificar o evento base, sendo o mesmo questionário para todos os casos de estudo. Este instrumento sustenta a identificação do diagnóstico de origem e do evento base da FTA referido no próximo ponto do método. Foram submetidos a este questionário seis profissionais da área, representantes da empresa em estudo, sendo três deles diretores de obra, um diretor de obra adjunto, um gestor de qualidade e um preparador.

No atual ponto, já não é apenas analisado um grupo de anomalias referentes a um elemento fonte de manutenção com dezenas de registos de anomalias. A partir daqui, ou seja, do ponto 4.3.5 a 4.3.7 a análise é aprofundada para cada caso de estudo isolado, para que seja possível retirar algumas conclusões. Com isto, não é suposto concluir que uma anomalia específica representa o grupo total, simplesmente temporalmente é impossível submeter centenas de pedidos ao método.

4.3.6 Construção do FTA

Depois de introduzido o diagrama base e da separação inicial de responsabilidades, a metodologia prossegue para a densificação do modelo. Nesta fase, cada um dos três eixos identificados anteriormente é desenvolvido de forma independente, permitindo uma decomposição exaustiva das falhas até se atingirem os eventos básicos.

Esta estrutura hierarquizada permite que o modelo não se limite a identificar quem falhou, mas que responda à questão porque falhou.

4.3.6.1 Projeto

No desenvolvimento do diagrama relativo ao Projeto, o foco incide sobre as falhas cometidas antes do início da construção (Diogo Couceiro de Queiroz Neves, 2022).

1. Problema de Projeto

- a) Falta de dados e informação
- b) Erros de dimensionamento
 - i) Inexperiência do projetista
 - ii) Falta de dados científicos
 - iii) Falta de tempo

2. Alterações

- a) Cliente
- b) Última hora

3. Materiais

- a) Fraca qualidade do material
- b) Escolha inadequada do material
- c) Incompatibilidade

4.3.6.2 Execução

O ramo da Execução constitui a parte mais densa da árvore no que toca à responsabilidade direta do empreiteiro (Calejo, 2025; Diogo Couceiro de Queiroz Neves, 2022; Pereira, 2022).

1. Mão de Obra

- a) Falta de Capacitação e Experiência
 - i) Inexperiência do operário
 - ii) Impossibilidade de investimento em formação pela empresa/subempreiteiro
- b) Fatores Comportamentais

- i) Negligência
- ii) Má-fé
- iii) Desinteresse ou falta de motivação

c) Condições Físicas e Sociais

- i) Cansaço e fadiga por sobrecarga ou tarefas fisicamente exigentes
- ii) Mau relacionamento entre operadores
- iii) Problemas de saúde ou pessoais
- iv) Barreira linguística

2. Materiais

a) Falha na Logística e Manuseamento

- i) Utilização de materiais fora do prazo de validade
- ii) Deterioração do material por armazenamento incorreto em obra
- iii) Erros decorrentes da receção do material
- iv) Danos no material durante o transporte interno na obra

b) Conformidade

- i) Substituição não autorizada de materiais especificados por sobras de outras obras
- ii) Aplicação de material desadequado por erro na encomenda
- iii) Utilização de materiais diferentes do projeto
- iv) Material defeituoso

3. Tecnologia

a) Falhas de Controlo e Instruções

- i) Falha de controlo por sobrecarga de obras para os responsáveis
- ii) Dificil acesso ao local específico da intervenção
- iii) Ausência de pessoal de fiscalização em momentos críticos da execução
- iv) Ausência de instruções detalhadas para a tarefas

v) Deficiente controlo dos PMM's (planos de monitorização e medição, estes dependem da tarefa, mas por norma incluem a verificação de ensaios, proteção dos elementos construídos e condições de aplicação específicas)

b) Erros de Comunicação e Interpretação

- i) Interpretação incorreta do projeto/fichas técnicas pela equipa de campo
- ii) Má transmissão/percepção verbal de informação

c) Gestão de Prazos, Equipas e Custos

- i) Atrasos na execução por ausência imprevista de pessoal
- ii) Falta de permanência continua dos profissionais

- iii) Falta de coordenação entre equipas
- iv) Intempéries
- v) Falta de revisão de projeto
- vi) Erros de orçamentação/contenção de custos

4. Equipamentos

- a) Disponibilidade e Adequação em Obra
 - i) Falta de ferramentas ou máquinas necessárias para a tarefa
 - ii) Utilização de equipamento desadequado ou improvisado para a função
- b) Condição Técnica e Operacional
 - i) Avarias frequentes por falta de manutenção dos equipamentos
 - ii) Erros de medição por falta de calibração de instrumentos de precisão

4.3.6.3 Utilização

Por fim, o diagrama de Utilização foca-se no comportamento do edifício após a entrega ao cliente (Calejo, 2025; Diogo Couceiro de Queiroz Neves, 2022).

1. Manutenção

- a) Falha de manutenção regular
 - i) Falha de prazos
 - ii) Insuficientes recursos monetários
- b) Falta de instrução e informação
- c) Falta de observação

2. Reparações

- a) Reparação inadequada
- b) Intervenção desnecessária
- c) Reparação de emergência
- d) Intervenção de terceiros

3. Má utilização

- a) Acidentes
- b) Mau uso
 - i) Descuido
 - ii) Falta de instrução e informação
 - iii) Intencional

4. Fatores externos

- a) Intempéries

- b) Perturbações físicas de obras vizinhas
- c) Degradação Natural

O anexo A.2 contém a informação gráfica condensada de toda a árvore de falhas. Para uma visualização exemplificativa surge a Figura 28.

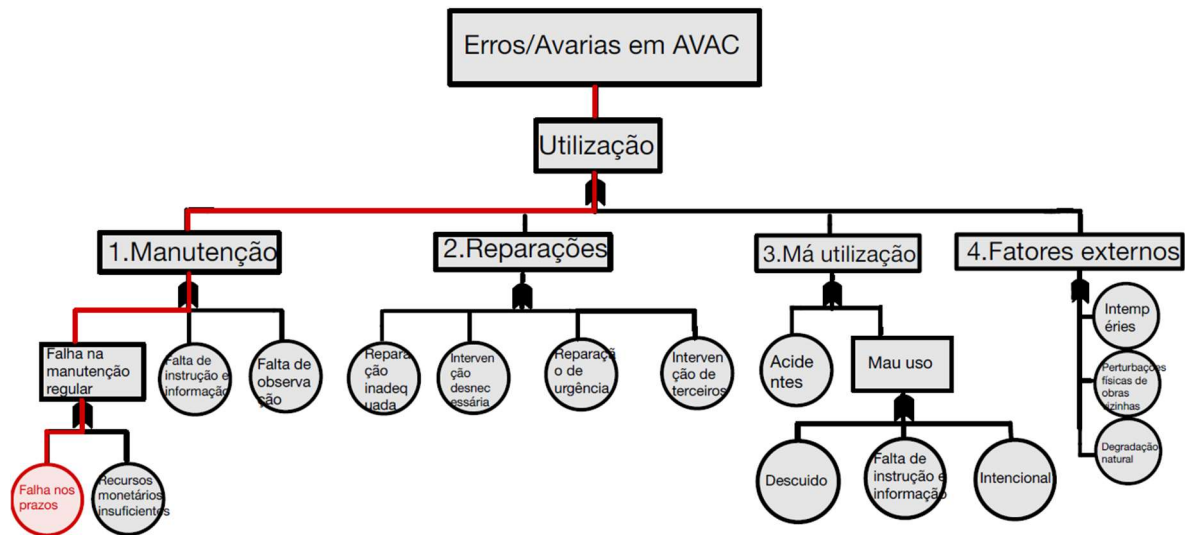


Figura 28 – Diagrama FTA exemplo

4.3.7 Ciclo de Melhoria

A etapa final desta metodologia consiste na apresentação de um ciclo de melhoria contínua após os resultados obtidos.

O objetivo é simples, na medida em que pretende transformar dados do pós-venda na mudança ou melhoria de práticas da empresa. Depois de identificados os erros elementares, a empresa passa a dispor de evidências reais para ajustar os seus procedimentos internos e evitar o reaparecimento destas anomalias.

É importante salientar que os objetivos desta tese passam pela melhoria de procedimentos da própria empresa e não pela apresentação da resolução de anomalias pontuais. Neste sentido, propõe-se que os resultados desta investigação culminem em diretrizes práticas para a organização que podem passar por alterações no processo construtivo ou até mesmo na própria base de dados.

Reconhecendo as limitações inerentes ao contexto de investigação e a heterogeneidade das práticas internas de cada organização, este trabalho centra-se na identificação de necessidades de controlo transversais, sem prescrever procedimentos de execução exaustivos.

5

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 INDICAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta os sete casos de estudo e os respectivos resultados da submissão ao método desenvolvido no Capítulo 4. Para cada caso são apresentados os indicadores de categorização normativa, nível de importância, desempenho operacional, diagnóstico de origem e a respetiva árvore de falhas com o caminho crítico identificado a vermelho. A análise comparativa entre os casos é desenvolvida na secção 5.4.

É importante referir que este modelo é um processo dedutivo, que tira partido dos recursos da empresa, assim como da observação e da investigação. Embora a estrutura do método, em especial da FTA, suporte níveis de detalhe superiores, a profundidade aqui apresentada reflete o equilíbrio entre o rigor técnico, os recursos disponíveis e o tempo útil em garantir a aplicabilidade do método.

5.2 CASOS DE ESTUDO

5.2.1 Caso de estudo 1

Neste caso de estudo, é analisada uma reclamação processada pelo Dono de Obra, na qual este reporta a existência de **fissuras de retração** numa parede interior com revestimento em gesso, como é possível observar na Figura 29. Esta anomalia insere-se no compartimento de um quarto, localizando-se especificamente na interseção da zona superior da parede com o teto e também na interseção das duas paredes. Não se verificam quaisquer deformações estruturais.

O registo da empresa descreve a anomalia como uma fissuração de abertura reduzida, de desenvolvimento linear e irregular, que afeta a camada de acabamento superficial. A imagem documenta o estado do revestimento no momento da auditoria técnica.

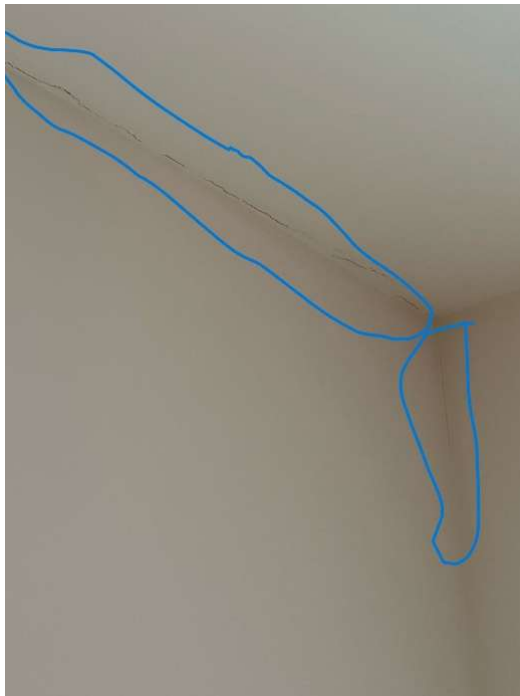


Figura 29 – Fissura de retração – Caso de estudo 1

5.2.2 Caso de estudo 2

Foram reportados à entidade construtora, defeitos relacionados com **infiltrações numa parede interior** inserida numa zona húmida, como ilustrado na Figura 30. A anomalia localiza-se na casa de banho da suite, especificamente na zona de interface entre o vidro do resguardo de duche e a parede lateral revestida a gesso e tinta.

Este fenómeno resultou na degradação visível do revestimento, apresentando empolamento da pintura e desagregação do material de acabamento por saturação hídrica.



Figura 30 - Infiltração em parede interior - Caso de estudo 2

5.2.3 Caso de estudo 3

O terceiro caso de estudo apresenta uma **avaria num dispositivo de AVAC**, num ar-condicionado (AC), sendo este um dos mais frequentes registados. O Dono de Obra reporta uma avaria/erro eletrónico na unidade instalada na sala principal. A anomalia caracteriza-se pela interrupção do funcionamento normal do equipamento, especificamente na incapacidade de produzir ar frio. A anomalia não foi acompanhada de registo fotográfico.

5.2.4 Caso de estudo 4

Este caso de estudo também diz respeito ao elemento de AVAC, no entanto relaciona-se com problemas de infiltração, nomeadamente num radiador. Problemas relacionados com este dispositivo representam a maioria de reclamações relacionadas com **infiltrações em AVAC**. Este pedido de suporte é referente a uma fuga no circuito de radiadores, localizada na sala de uma habitação. A anomalia resultou numa acumulação significativa de água no pavimento, afetando os revestimentos envolventes. Como se observa na Figura 31, a intervenção técnica obrigou à abertura de um troço de parede em gesso cartonado para aceder à tubagem e aos pontos de ligação do sistema da mesma.



Figura 31 - Infiltração em AVAC - Caso de estudo 4

5.2.5 Caso de estudo 5

Este caso remete para **problemas acústicos registados em janelas exteriores**. O registo da empresa indica que o utilizador reporta a passagem de ar e ruído através dos vãos, associando a ocorrência a dificuldades no fecho correto das janelas. Segundo o relato, a percepção sonora e a entrada de vento intensificam-se em condições climatéricas adversas. A Figura 32 documenta um vão de correr em alumínio de duas folhas que dá acesso a uma varanda.



Figura 32 - Ruído em janelas exteriores - Caso de estudo 5

5.2.6 Caso de estudo 6

Foi efetuado um pedido de suporte, onde foram identificadas **infiltrações numa janela exterior** de um edifício. O registo indica a entrada de água para o interior de uma habitação, manifestando-se pela acumulação de humidade na zona inferior do peitoril interior. A Figura 33 mostra a base de uma porta-janela de correr em alumínio, onde é visível a interface entre o perfil e a soleira. Foi reportado que caso ocorre em episódios de chuva.

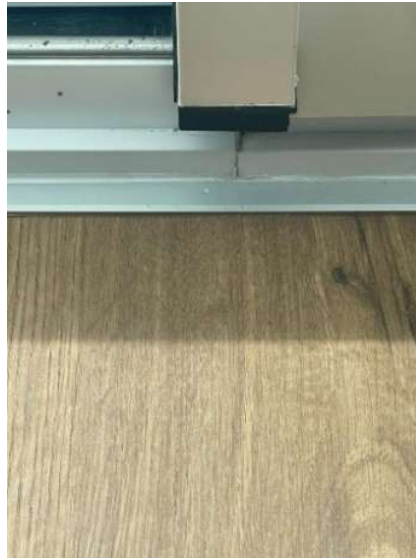


Figura 33 - Infiltrações em janelas exteriores - Caso de estudo 6

5.2.7 Caso de estudo 7

Este pedido de auxílio diz respeito ao encravamento de um estore em PVC inserido numa janela exterior num quarto relativa a uma avaria/erro mecânico, conforme ilustrado na Figura 34. O registo indica que o estore deixou de funcionar, impossibilitando a sua operação normal de abertura. A imagem documenta o sistema de estores instalado num vão exterior de abrir, onde o mesmo se encontra imobilizado. Não foi identificado se o estore é elétrico ou manual.



Figura 34 - Avaria em estore - Caso de estudo 7

5.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO

5.3.1 Caso de estudo 1 – Fissuras de Retração em Paredes Interiores

5.3.1.1 Seleção das anomalias da base de dados

Este caso de estudo foi selecionado por representar o elemento com registo de anomalias mais frequente na base de dados. Conforme ilustra o Quadro 11, as paredes interiores totalizam 140 registos, que representa cerca de 12% das ocorrências registadas.

Esta representatividade, juntamente com o facto deste EFM ser frequentemente apontado na literatura como um dos componentes mais suscetíveis a falhas, justifica a sua submissão prioritária ao método em questão.

Assim sendo, ao analisar a decomposição das causas dentro deste EFM (Quadro 12), verifica-se que as **Fissuras de Retração** dentro das paredes interiores constituem a patologia dominante, sensivelmente metade dos casos e 5,9% em toda a base de dados, sendo todas elas com acabamento em gesso projetado.

Quadro 11 – Contagem de EFM's registadas na base de dados

EFM	Contagem de EFM	% EFM
Paredes interiores	140	11,9%
AVAC	136	11,5%
Janelas exteriores	87	7,4%
Pavimentos	87	7,4%
Rede de esgotos	82	7,0%
Rede de abastecimento águas	77	6,5%
Estores	73	6,2%
Mobiliário interior equip.	72	6,1%
Rede elétrica	60	5,1%
Revestimentos Exteriores	56	4,7%
Tetos	46	3,9%
Portas exteriores	46	3,9%
Portas interiores	37	3,1%
Infiltrações	32	2,7%
Equipamentos/Arranjos ext.	29	2,5%
Outros	27	2,3%
Revestimentos interiores	21	1,8%
Telecomunicações	14	1,2%
Paredes exteriores	14	1,2%
Rede águas pluviais	12	1,0%
Revestimentos	9	0,8%
Coberturas	6	0,5%
Madeiras	6	0,5%
Janelas interiores	5	0,4%
Estrutura em betão	4	0,3%
Estrutura metálica	1	0,1%
Total Geral	1179	100,0%

Quadro 12 – Contagem das causas de anomalias de paredes interiores

Causas de Anomalias de Paredes Interiores	Contagem	%
Fissuras retração	69	49%
Infiltração/Estanquidade	37	26%
Fissuras acabamento/secagem	8	6%
Outro	8	6%
Infiltração/Capilaridade	6	4%
Infiltrações/Impermeabilização ineficaz	3	2%
Deficiente ligação/colagem	3	2%
Deformação/empeno	2	1%
Infiltração/Fuga em rede	1	1%
Empolamento/descasque	1	1%
Deterioração	1	1%
Fissuras estruturais	1	1%
Total Geral	140	100%

5.3.1.2 Categorização Normativa

No âmbito da gestão de garantias, as paredes interiores, (nomeadamente no cenário da anomalia relacionada com fissuras de retração) são classificadas no grupo de **Acabamentos**. Estes elementos integram o subgrupo de **Revestimentos**, que posteriormente são **elementos verticais interiores** (Figura 9). Este tipo de componente possui um prazo de garantia de **5 anos**.

5.3.1.3 Quantificação de Impacto

Seguindo a reclassificação de prioridade, a anomalia identificada situa-se maioritariamente no nível (1) de **Menor Importância**, tratando-se de danos estéticos, que não comprometem a habitabilidade nem a segurança dos utilizadores. Contudo, existem alguns casos de maior importância dependendo do local onde ocorrem ou se são falhas estruturais.

5.3.1.4 Avaliação do desempenho operacional

Para a análise do EFM Paredes Interiores - Fissuras de Retração procedeu-se ao cálculo do índice de operacionalidade. A média de pontuação do índice para os 69 casos foi de 3,42.

$$3,42 = N1(4,09) * 6\% + N2(4,55) * 15\% + N3(2,73) * 28\% + N4(3,39) * 51\%$$

5.3.1.5 Diagnóstico de Origem

Anteriormente, foi apresentada a anomalia de fissuração numa parede de gesso. O inquérito aos profissionais da área resultou no diagnóstico de origem unânime da responsabilidade da execução (Figura 35). A tarefa foi executada pelos próprios recursos da empresa, sem recorrer a subcontratação.

Na sua opinião, qual é a fase responsável pelo aparecimento desta anomalia?

6 respostas

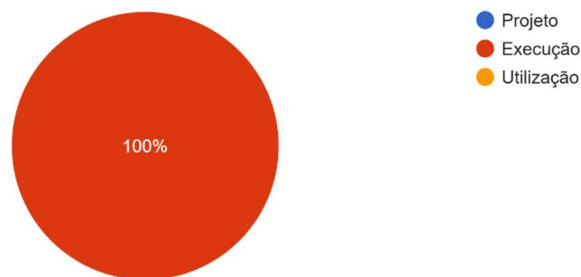


Figura 35 – Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem - Caso de estudo 1

5.3.1.6 FTA

Um fator relevante para o aprofundamento deste caso de estudo é a evidência, de que todos os registos de fissuração em paredes interiores dizem respeito ao acabamento em gesso projetado. Assim sendo e uma vez que os inquiridos apontaram sem margem para dúvidas, que a anomalia podia ter sido evitada durante a execução, foram analisados os PMM's (Planos de Monitorização e Medição). Estes funcionam como uma *checklist* onde o encarregado é responsável por averiguar se os fatores de verificação em *Procore* (software de gestão de projeto e obras conectados) foram cumpridos.

Para este caso específico, os PMM's contemplam (entre outros) os pontos fundamentais:

- Verificação da base (se a base estiver húmida, não aplicar);
- Colocação de rede de fibra de vidro (arestas e interfaces de diferentes materiais);
- Camada acabamento - Esquadria, Desempeno, verticalidade (Registrar medição)

A imagem da Figura 29 apresenta fissuras, precisamente nas interseções de planos, onde a aplicação de fibra de vidro ou a verticalidade aparentam estar no cerne do erro. Desta forma, os profissionais apontaram, quase todos, apenas para um caminho crítico (Figura 36). Existem, ainda assim, competências fora das fichas técnicas e dos PMM que podem ter faltado aos operários, nomeadamente a destreza e a sensibilidade na aplicação do material. Este caso específico, porém, teria sido evitado com a simples aplicação da rede, mesmo que executada sem grande perícia.

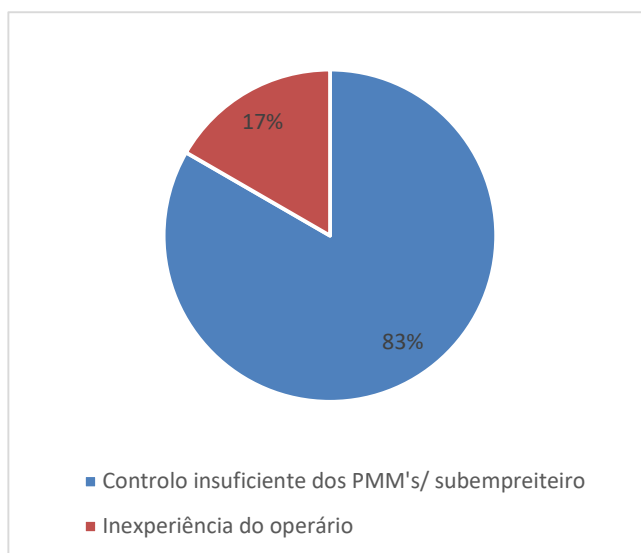


Figura 36 – Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 1

Caminho crítico (Execução): Controlo insuficiente dos PMM's internos/subempreiteiros (Figura 37). Isto porque, em alguns casos dada a vasta área de aplicação do gesso projetado, a verificação no Procore torna-se um processo simplesmente efetuado no final da tarefa sem a inspeção física de pontos vitais em momentos críticos, como a colocação da rede de fibra de vidro nas arestas. Esta falha na supervisão permite que desconformidades fiquem ocultas sob o acabamento final.

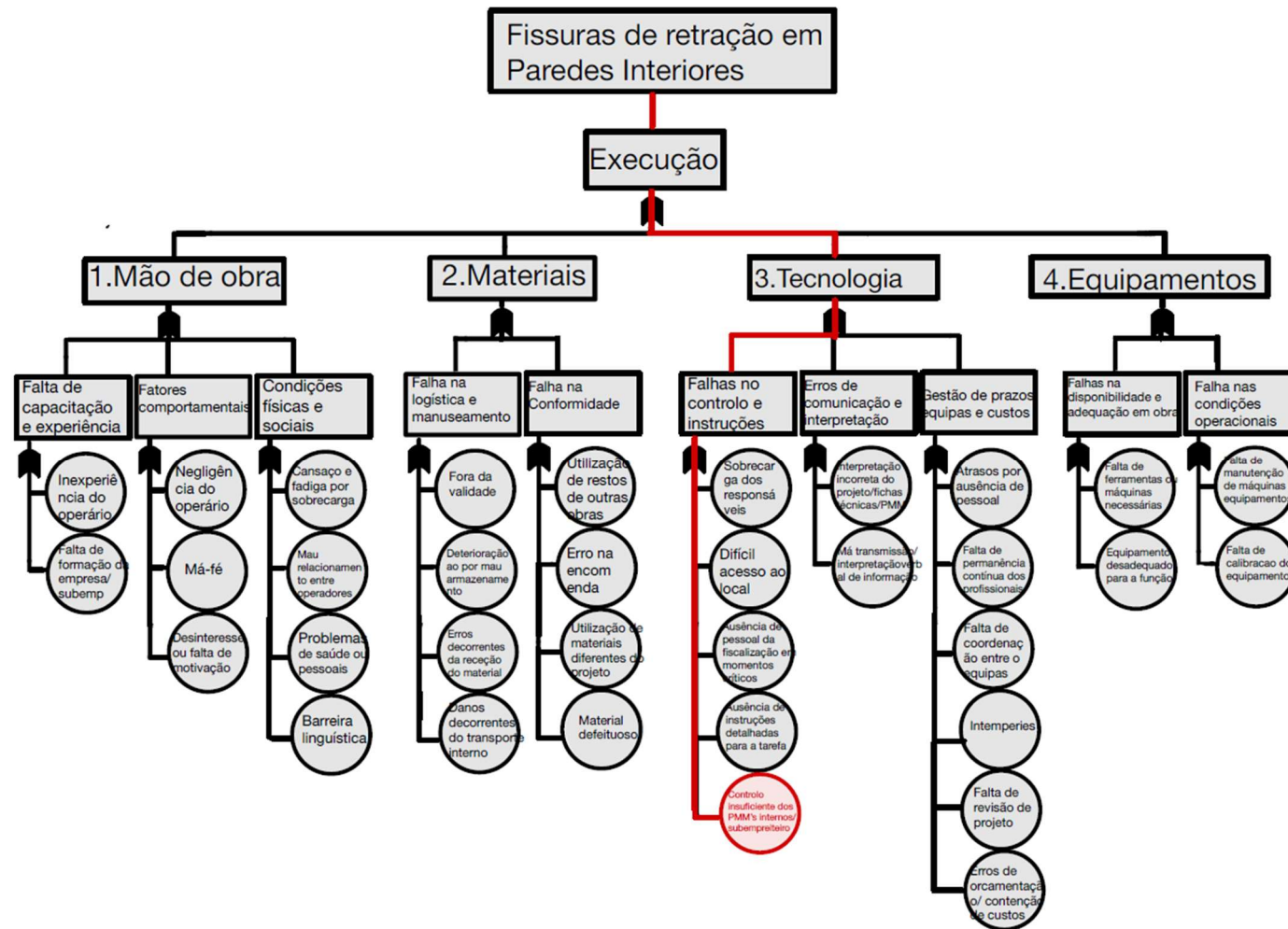


Figura 37 – Caminho crítico – Caso de estudo 1

5.3.1.7 Sugestões de melhoria

Para mitigar a elevada frequência desta patologia, as sugestões de melhoria focam-se na alteração da composição dos materiais e no reforço do controlo operacional:

Variantes de projeto: Propor a utilização de outros materiais para evitar o erro, materiais como gesso cartonado ou a utilização de microfibras na argamassa/gesso (Pinto *et al.*, 2013). Esta medida deve ocorrer ainda em fases anteriores à execução da tarefa, sempre por antecipação.

Maior controlo durante a execução: A solução com peso total nas respostas do inquérito foca-se na fiscalização dos PMM's em obra. Especialmente em zonas de transição de materiais (por exemplo entre elementos estruturais e alvenaria) que já existe no atual PMM.

5.3.2 Caso de estudo 2 – Infiltrações em Paredes Interiores

5.3.2.1 Seleção das anomalias da base de dados

Este caso de estudo, tal como o caso anterior, diz respeito ao elemento paredes interiores. Como ilustrado no Quadro 11, este EFM é o mais afetado na base de dados global, com 140 registos (11,9%).

Ao analisar a decomposição das causas dentro deste EFM (Quadro 12), verifica-se que, após as fissuras de retração, a Infiltração/Estanquidade é a anomalia dominante, representando 26% dos casos (37 registos) e 3,1% totais na base de dados.

5.3.2.2 Categorização Normativa

No âmbito da gestão de garantias, a classificação desta anomalia é idêntica à do caso anterior, inserindo-se no grupo de **Acabamentos** e no subgrupo de Revestimentos. Estes **elementos verticais interiores** possuem um prazo de garantia de **5 anos**.

5.3.2.3 Quantificação de Impacto

Ao contrário das fissuras de retração, a Infiltração/Estanquidade situa-se frequentemente num nível de (2) **Importância Significativa**. Embora em fases iniciais possa ser considerada uma questão estética, a persistência da humidade pode comprometer a habitabilidade (salubridade) e a durabilidade dos materiais adjacentes, exigindo uma intervenção mais rápida para evitar a degradação e a proliferação de agentes biológicos.

5.3.2.4 Avaliação do desempenho operacional

Para os 37 casos de Infiltração/Estanquidade em paredes interiores, procedeu-se ao cálculo do Índice de Operacionalidade (IO) médio. O desempenho operacional para este grupo registou um valor aproximado de 3,01, mantendo-se no limite do nível considerado aceitável.

$$3,01 = N1(3,47) * 6\% + N2(4,53) * 15\% + N3(2,19) * 28\% + N4(2,97) * 51\%$$

5.3.2.5 Diagnóstico de Origem

O segundo caso de estudo aponta para a infiltração de água numa parede interior. O registo da empresa indica que a falta de silicone de vedação no encontro do perfil do resguardo com o suporte permitiu a passagem de água para o tardo. Os dados disponíveis indicam inequivocamente que o erro poderia ter sido prevenido na fase de execução, conclusão corroborada pela unanimidade das respostas ao inquérito (Figura 38). Este pedido de assistência foi reportado 10 meses após a execução.

Na sua opinião, qual é a fase responsável pelo aparecimento desta anomalia?
6 respostas

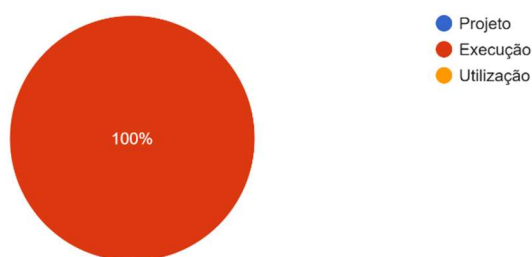


Figura 38 – Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 2

5.3.2.6 FTA

Como consta no início do presente capítulo, esta anomalia culminou na degradação da parede interior. A sua origem, segundo os registos da empresa está no subempreiteiro que instalou os resguardos de duche, por não ter sido executada completamente a sua vedação, especificamente na peça que fixa o vidro à parede. A par disso, não existe a evidência se foram realizados ensaios de estanquidade.

A empresa não dispõe propriamente de um PMM que verifique os trabalhos relacionados com a instalação de bases de duche. Quanto ao inquérito sobre os eventos base, este destaca-se pela atribuição de responsabilidades ao operário (Figura 39), mas divide-se entre a hipótese de uma falha pontual de negligência e a inexperiência intrínseca da mão de obra.

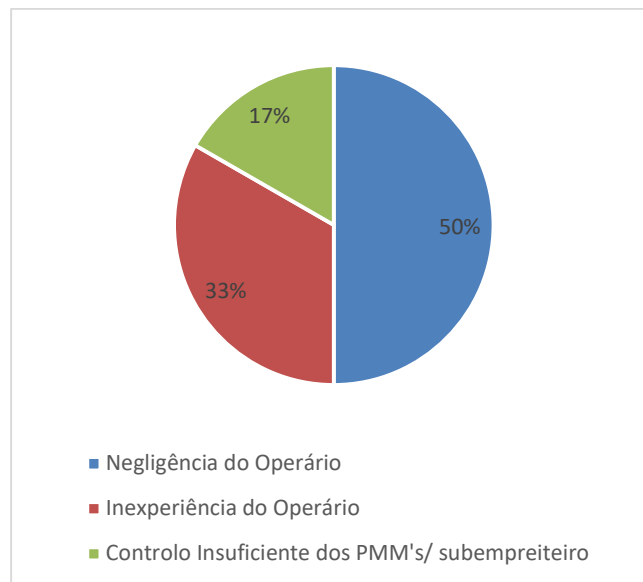


Figura 39 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 2

Caminho crítico 1 (Execução): Inexperiência do operário. Esta hipótese defende que não se trata de uma falha isolada da mão de obra, mas foca no declínio de qualidade da mesma.

Caminho crítico 2 (Execução): Negligência do operário (Figura 40). Existe a possibilidade de ter sido uma falha esporádica do subempreiteiro e uma vez que o silicone é transparente, pode ter sido mal verificado visualmente.

Dada a falta de informação decorrente do processo e a dificuldade em aprofundar a análise, é assumido o caminho crítico mais indicado pelos profissionais submetidos ao inquérito (caminho crítico 2).

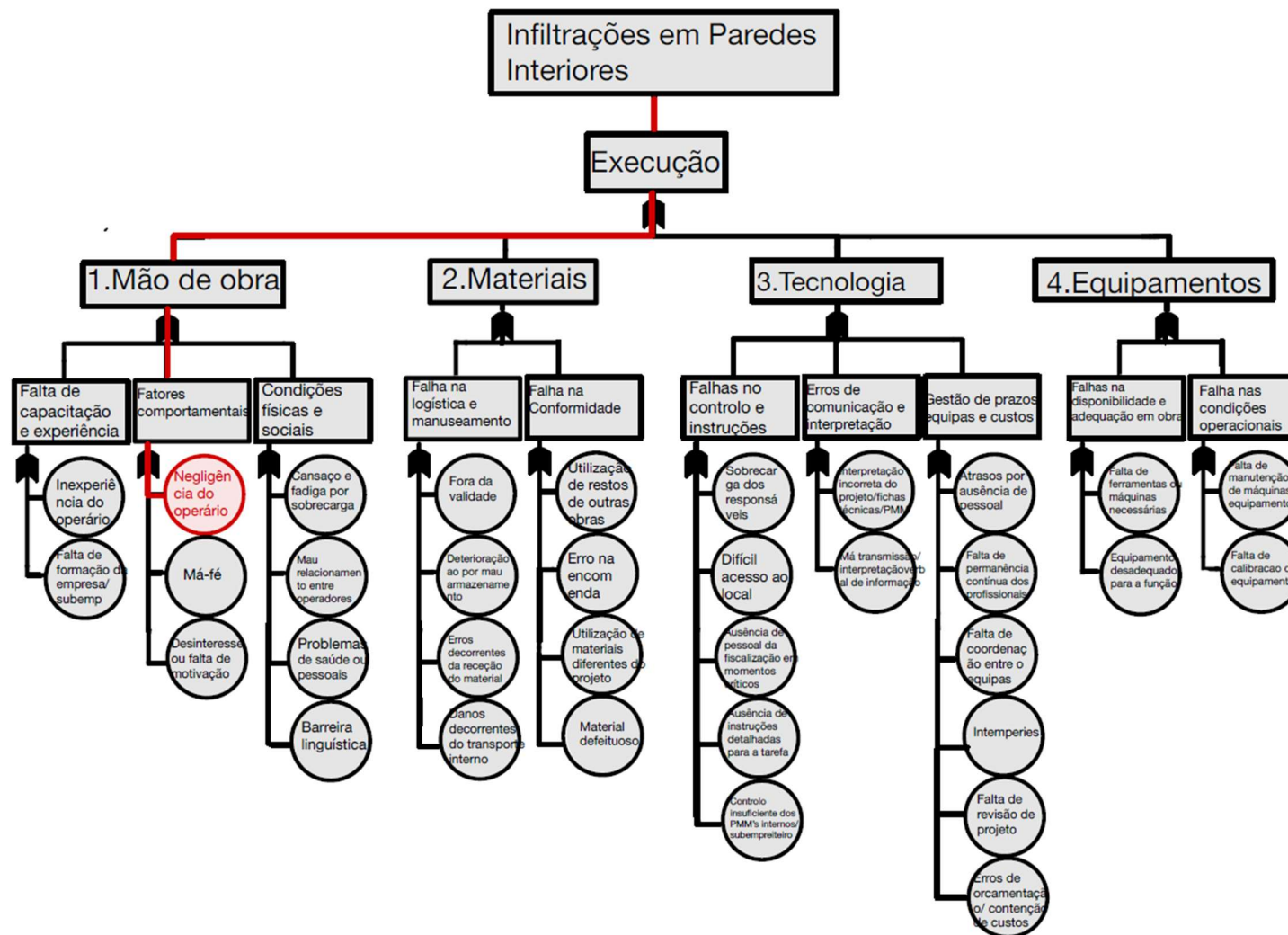


Figura 40 - Caminho crítico – Caso de estudo 2

5.3.2.7 Sugestões de melhoria

As propostas de melhoria dividem-se em dois grupos:

Elaboração de um novo PMM: Seria essencial a criação de um novo plano de monitorização especificamente para esta tarefa, que contemplasse ensaios de estanquidade (provas de estanquidade em zonas húmidas) antes da aplicação do revestimento final, de forma a garantir que danos na instalação ou juntas deficientes sejam detetados precocemente (Carretero-Ayuso, Moreno-Cansado e García-Sanz-Calcedo, 2020).

Maior controlo da execução: A maioria dos defeitos que ocorre em cozinhas e casas de banho (zonas húmidas) são causados por tarefas em falta e pelo acabamento deficiente das superfícies de paredes em divisões e áreas húmidas, o que pode ser atribuído a uma falta de proteção durante a construção (Forcada *et al.*, 2014).

5.3.3 Caso de estudo 3 – Avaria em AVAC

5.3.3.1 Seleção das anomalias da base de dados

Este caso de estudo foi selecionado por representar a patologia com maior incidência no elemento AVAC. Conforme apresenta o Quadro 11, o AVAC é o segundo Elemento Fonte de Manutenção (EFM) com mais registos na base de dados, totalizando 136 ocorrências (11,5% do total). Ao analisar a distribuição das causas para este EFM, a Avaria/Erro Eletrónico (Quadro 13) destaca-se como o fator predominante, abrangendo 40% dos casos (49 registos) o que totaliza 4,2% em toda a base de dados.

Quadro 13 – Contagem de causas de anomalias em AVAC

Causas das anomalias de AVAC	Contagem	%
Avaria/Erro eletrônico	49	40%
Infiltração/Estanquidade	33	27%
Avaria/Erro mecânico	8	7%
Ruído	5	4%
Anomalia elétrica	4	3%
Corrosão	4	3%
Deficiente ligação/colagem	4	3%
Outro	3	2%
Bloqueio	2	2%
Odores	2	2%
Desencaixe/desaparafusamento	2	2%
Condensação	2	2%
Quebra/rompimento	1	1%
Deterioração	1	1%
Deformação/empeno	1	1%
Total Geral	121	100%

5.3.3.2 Categorização Normativa

No âmbito da gestão de garantias, as avarias eletrônicas e falhas nos sistemas de AVAC dizem respeito essencialmente a equipamentos eletromecânicos (nos registos da base de dados), nomeadamente ar-condicionado e caldeiras. Estes inserem-se no grupo 3. **Instalações**, no subgrupo **Eletricidade** e por fim em **Aparelhos**, que atualmente possuem um prazo de garantia de 3 anos segundo a legislação em vigor.

5.3.3.3 Quantificação de Impacto

Seguindo a reclassificação, esta anomalia situa-se maioritariamente no nível (2) de **Importância Significativa**.

Embora não comprometa a segurança dos utilizadores, a falha eletrónica impede o funcionamento do sistema de ventilação e climatização, afetando diretamente a habitabilidade e o bem-estar dos utilizadores, especialmente em períodos de temperaturas extremas.

5.3.3.4 Avaliação do desempenho operacional

Para os 49 casos de Avaria/Erro Eletrónico em AVAC, a média de pontuação do indicador de operacionalidade deste grupo foi de 3,80.

$$3,80 = N1(4,38) * 6\% + N2(4,44) * 15\% + N3(3,21) * 28\% + N4(3,87) * 51\%$$

5.3.3.5 Diagnóstico de Origem

O caso de estudo 3, referente a uma avaria de um AC, segundo os registos da organização foi realizado por um subempreiteiro e detetada cerca de 2 anos após a entrega provisória do imóvel. Esta informação sustenta as respostas à auditoria estarem divididas entre a execução e a utilização como aponta a Figura 41.

Na sua opinião, qual é a fase responsável pelo aparecimento desta anomalia?
6 respostas

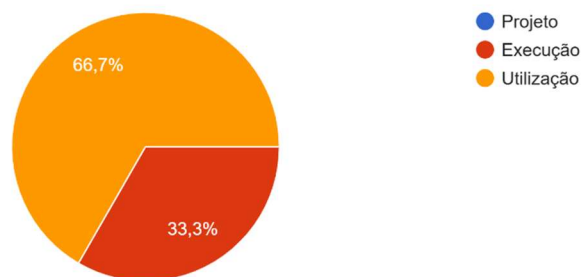


Figura 41 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 3

5.3.3.6 FTA

A informação de que a atual reclamação foi efetuada dois anos após a entrega do imóvel, evidencia à partida erros relacionados com a utilização. De qualquer forma, não deixa de existir a possibilidade de má execução ou erros do próprio equipamento. A empresa dispõe de um PMM genérico para instalações de AVAC que verifica (entre outros) os seguintes aspetos:

- Aplicação da tubagem e condutas (Atenção: antes de fechar os tetos);

- Verificar que as condutas e equipamentos aerólicos estão tamponadas/protegidos;
- Realização dos ensaios requeridos;
- Ensaio de estanquidade e inclinação das tubagens de condensados.

Isto resulta em dois caminhos críticos possíveis, sendo o mais preponderante neste caso, o caminho crítico 2, por ter sido detetado 2 anos após a instalação e também por representar a maioria das respostas (Figura 42), o que, face à escassez de informação adicional, constitui a hipótese com maior suporte.

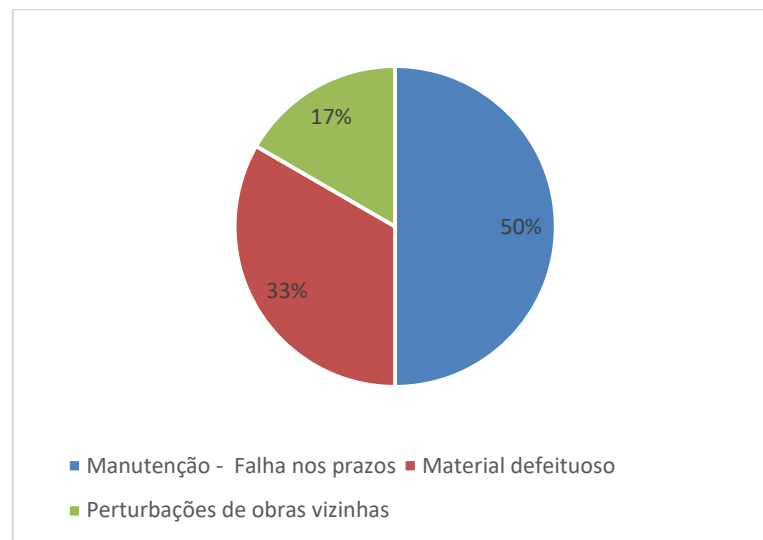


Figura 42 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 3

Caminho Crítico 1 (Execução): Material defeituoso. Este caminho liga-se diretamente aos materiais, onde por vezes os mesmos possuem defeitos. Parte destes defeitos apenas se expressam meses após a sua utilização, outras vezes podem ser detetados com ensaios em obra.

Caminho Crítico 2 (Utilização): Manutenção – Falha nos prazos (Figura 43). São apontadas causas como a operação em modos incompatíveis, a obstrução de filtros por falta de limpeza e a negligência de mudança do gás.

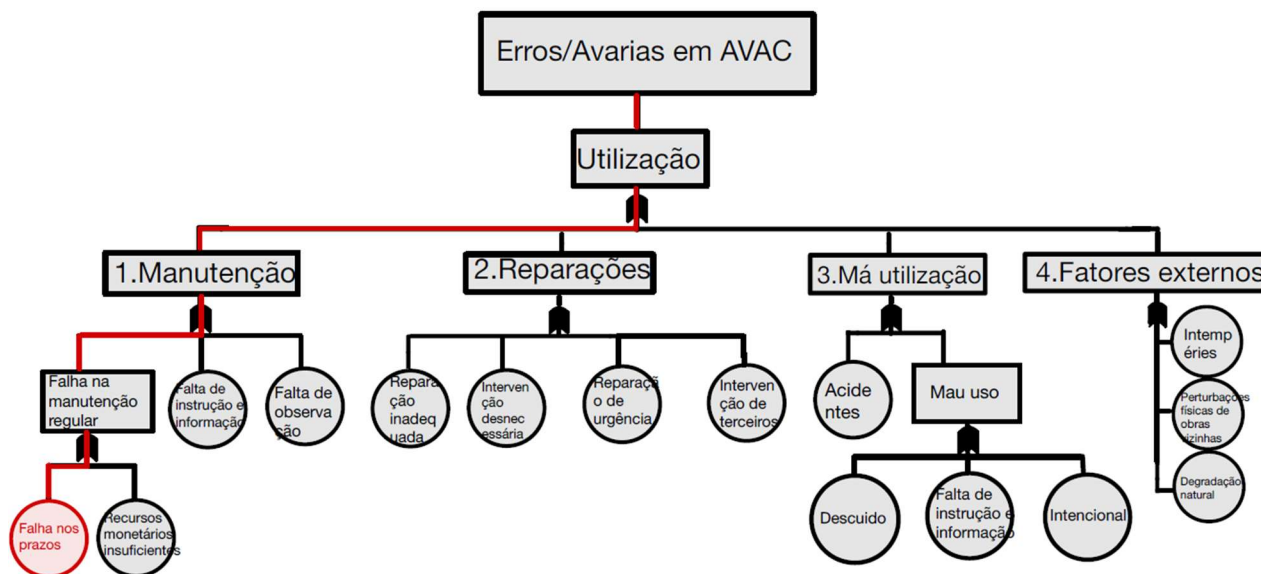


Figura 43 - Caminho crítico – Caso de estudo 3

5.3.3.7 Sugestões de melhoria

Instrução e Literacia do Cliente (Manutenção): (Bellanco *et al.*, 2021) apontam que uma parte significativa de erros relativos a Ar-condicionados está associada à sujidade do condensador, falhas no evaporador derivadas a sujidade e a danos na serpentina. Daí surge a recomendação da disponibilização de manuais de utilização ao cliente.

Melhoria do PMM: Deveria ser criado um PMM específico para cada equipamento de AVAC. Assumida essa impossibilidade a sugestão de melhoria passa pela implementação de protocolos de teste de arranque mais rigorosos antes da entrega da obra, acompanhados da instalação de protetores de sobretensão dedicados e, se possível, sistemas de diagnóstico remoto para deteção precoce de anomalias (Bellanco *et al.*, 2021).

5.3.4 Caso de estudo 4 – Infiltrações em AVAC

5.3.4.1 Seleção das anomalias da base de dados

Este caso de estudo foi selecionado, tal como o anterior, por representar a segunda patologia mais frequente no elemento AVAC (Quadro 13), correspondendo a 27% das ocorrências deste EFM (33 registos). Enquanto os erros eletrónicos dominam, as falhas de estanquidade em sistemas de aquecimento central, maioritariamente referentes a fugas em radiadores, constituem o problema hidráulico mais crítico (cerca de 2,8% dos casos gerais).

5.3.4.2 Categorização Normativa

No âmbito da gestão de garantias, os problemas de infiltrações em AVAC dizem respeito maioritariamente a equipamentos eletromecânicos, neste caso radiadores. Estes inserem-se no grupo 3. **Instalações**, no subgrupo **Eletricidade** e por fim em **Aparelhos**, que possuem um prazo de garantia de 3 anos.

5.3.4.3 Quantificação de Impacto

Esta anomalia é classificada com um nível (2) de **Importância Significativa**. Uma fuga num radiador tem um impacto imediato duplo, que condiciona a plena habitabilidade dos ocupantes, nomeadamente devido aos danos materiais e à limitação dos equipamentos em questão.

5.3.4.4 Avaliação do desempenho operacional

Para os 33 casos de Infiltração/Estanquidade em AVAC, o Índice de Operacionalidade (IO) médio registado foi de 3,46.

$$3,46 = N1(3,90) * 6\% + N2(4,61) * 15\% + N3(3,03) * 28\% + N4(3,30) * 51\%$$

5.3.4.5 Diagnóstico de Origem

O caso de estudo 4 refere problemas de estanquidade num radiador, tendo sido executado por um subempreiteiro. Os registos da empresa indicam que a anomalia foi registada oito meses após o término da intervenção. Ainda assim, houve unanimidade na atribuição de responsabilidades à fase da execução (Figura 44).

Na sua opinião, qual é a fase responsável pelo aparecimento desta anomalia?
6 respostas

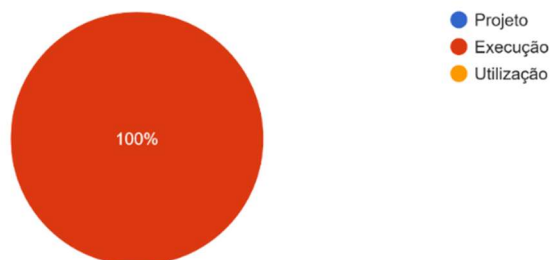


Figura 44 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 4

5.3.4.6 FTA

Uma vez exposto o PMM de AVAC genérico no caso anterior, é possível constatar a existência teórica de ensaios de estanquidade. No entanto não existem muitos detalhes sobre como estes devam ser executados no caso específico dos radiadores, nem sobre os respetivos parâmetros de avaliação. Os eventos base apontados pelos profissionais estão conectados entre si, tendo em conta que possam ter acontecido em simultâneo (Figura 45). Isto porque a inexperiência do operário aliada à falta de verificação de ensaios específicos aparenta ser a junção de causas com maior probabilidade de ocorrência. Não obstante, o caminho crítico selecionado diverge do mais votado pelos especialistas, por se tratar da variável com maior potencial de intervenção imediata por parte da organização, o reforço do controlo dos PMM's, em detrimento da inexperiência da mão de obra, cuja mitigação é mais complexa.

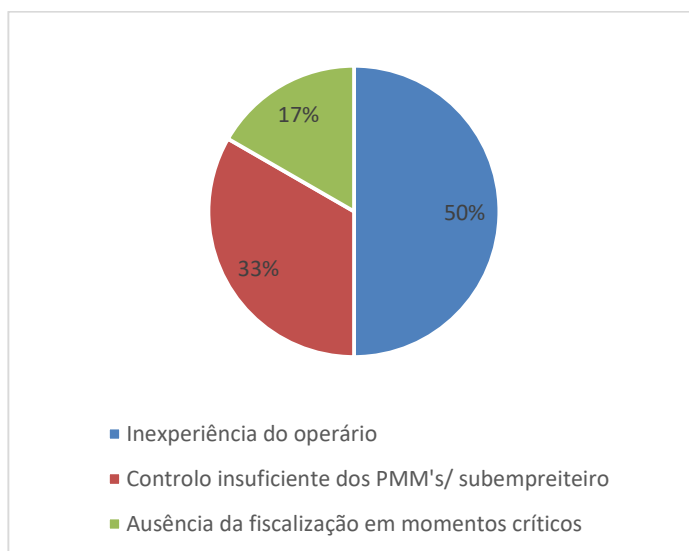


Figura 45 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 4

Caminho Crítico 1 (Execução): Controlo insuficiente dos PMM's internos/subempreiteiros (Figura 46). Este caminho identifica a falta de provas de pressão como o evento base. Em sistemas de aquecimento, é imperativo testar o circuito a uma pressão superior à de serviço.

Caminho Crítico 2 (Execução): Inexperiência do operário. Este caminho liga-se à deficiente execução das ligações mecânicas. A aplicação incorreta de vedantes nas válvulas e detentores, ou o aperto excessivo que danifica as juntas, compromete a estanquidade da ligação. Esta hipótese afirma que microfissuras originadas por falta de competência do operário culminam numa infiltração grave bastante tempo após a intervenção.

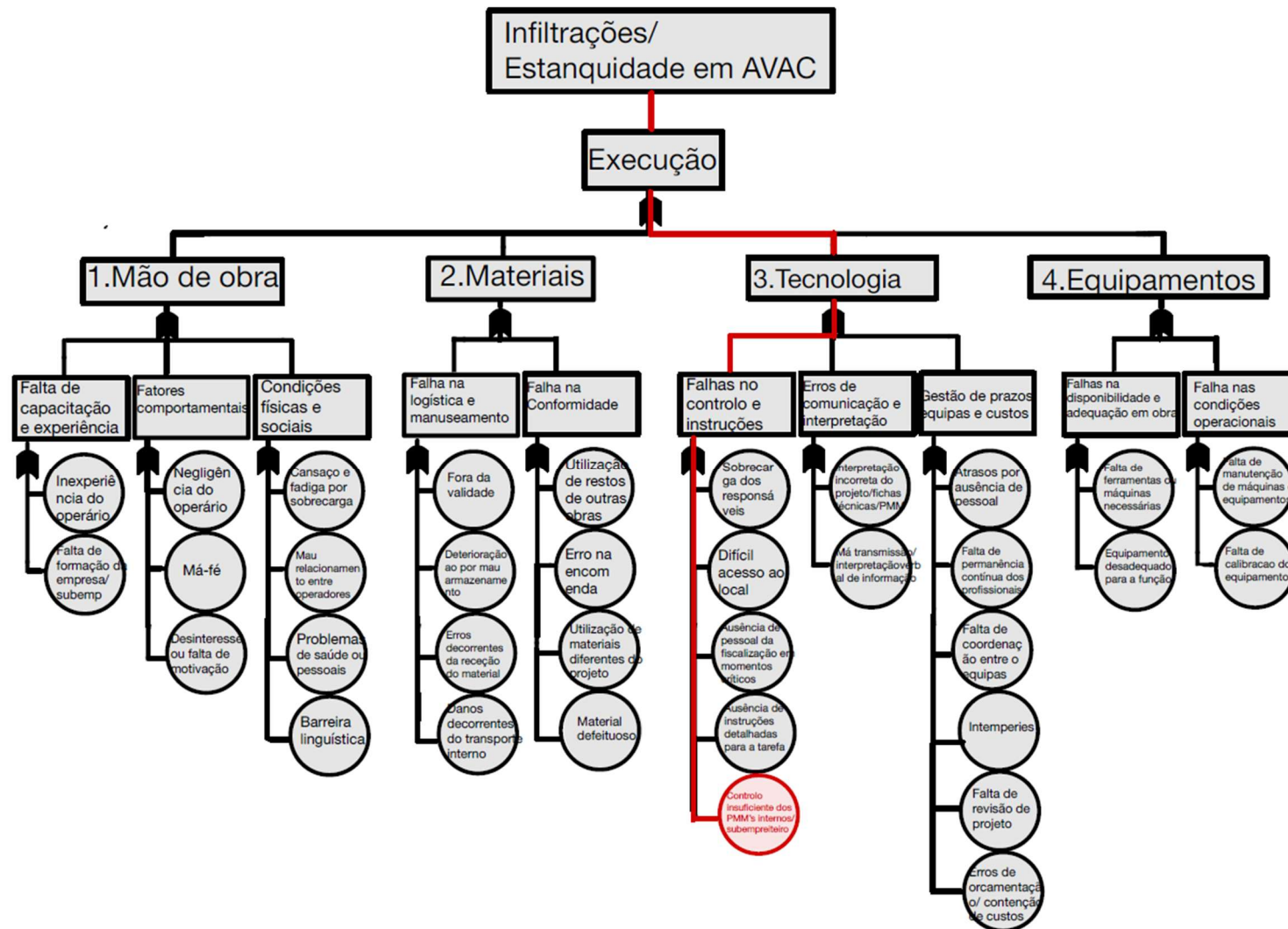


Figura 46 - Caminho crítico – Caso de estudo 4

5.3.4.7 Sugestões de melhoria

Melhoria do PMM: Esta sugestão passa pela criação de um PMM específico para cada equipamento de AVAC. Para o caso dos radiadores seria indispensável ensaiar o circuito a uma pressão superior à de serviço.

Controlo durante a execução: Muitas anomalias em tubagens ocorrem devido à falta de proteção dos componentes. A proteção das tubagens de ligação aos radiadores durante a execução previne danos mecânicos que originam fugas posteriores (Forcada *et al.*, 2014).

5.3.5 Caso de estudo 5 - Ruído em Janelas Exteriores

5.3.5.1 Seleção das anomalias da base de dados

Este caso de estudo foi selecionado por representar a patologia mais frequente no elemento Janelas Exteriores (Quadro 14) correspondente a 2,4% dos registos gerais, elemento esse, que representa o terceiro colocado nos elementos fonte manutenção com mais pedidos de auxílio (Quadro 11).

Quadro 14 – Causas de Anomalias em Janelas Exteriores

Causas da anomalia Janelas exteriores	Contagem	%
Ruido	28	32%
Infiltração/Estanquidade	18	21%
Avaria/Erro mecânico	13	15%
Desencaixe/desaparafusamento	8	9%
Dano/Quebra/rompimento	6	7%
Quebra/rompimento	4	5%
Bloqueio	4	5%
Outro	2	2%
Condensação	2	2%
Corrosão	1	1%
Infiltrações/Impermeabilização	1	1%
Total Geral	87	100%

5.3.5.2 Categorização Normativa

No âmbito da gestão de garantias, esta anomalia insere-se no grupo de **Acabamentos** e no subgrupo de **Vãos exteriores**, mais especificamente **Janelas**. Conforme a legislação e a prática do setor, estes elementos possuem um prazo de garantia estipulado de **5 anos** (em Portugal).

5.3.5.3 Quantificação de Impacto

O impacto do ruído é classificado como **(2) Importância Significativa**. A falha no isolamento acústico afeta a saúde e o bem-estar dos ocupantes, não se tratando apenas de danos visuais.

5.3.5.4 Avaliação do desempenho operacional

Para os casos de ruído em janelas, procedeu-se ao cálculo do Índice de Operacionalidade (IO) médio, que registou um valor de **3,85**.

$$3,85 = N1(4,58) * 6\% + N2(2,58) * 15\% + N3(3,38) * 28\% + N4(4,38) * 51\%$$

5.3.5.5 Diagnóstico de Origem

Para o caso de estudo 5, que remete a problemas acústicos num vão envidraçado, não existe nenhuma divisão nas respostas, apontando todas para problemas de execução, tendo em vista os detalhes apresentados mais à frente (Figura 47).

Na sua opinião, qual é a fase responsável pelo aparecimento desta anomalia?
6 respostas

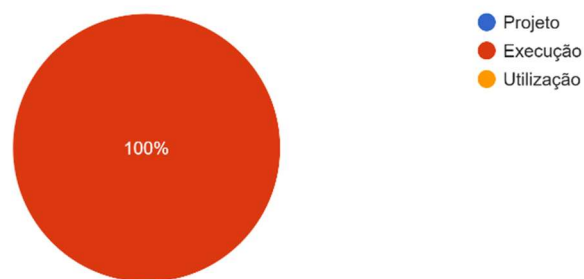


Figura 47 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 5

5.3.5.6 FTA

Relativamente ao ruído apresentado pelos utilizadores, este, pode ser proveniente do mau dimensionamento dos vãos envidraçados ou de falhas na sua montagem. Existem dados relevantes na base de dados que afirmam que todos os registos de problemas de ruído dizem respeito ao mesmo subempreiteiro. Esta informação não descarta a possibilidade de se tratar de um mau dimensionamento, no entanto é importante referir, que as reclamações não são sempre do mesmo empreendimento, nem no mesmo período.

Adicionalmente, deve considerar-se que a solução construtiva inclui sistemas de oclusão por estores, cujas caixas podem constituir pontos frágeis no isolamento acústico. Se estas caixas não possuírem isolamento adequado, cria-se uma via para a propagação sonora. A conjugação destes fatores com as dificuldades reportadas no corrimento das folhas aponta para uma origem na execução, em detrimento de eventuais falhas de dimensionamento. Dada a impossibilidade de ida ao local e verificação do projeto, foi assumido o caminho crítico 1 (Figura 48), sustentado também pelas informações contidas na base de dados relativos ao subempreiteiro.

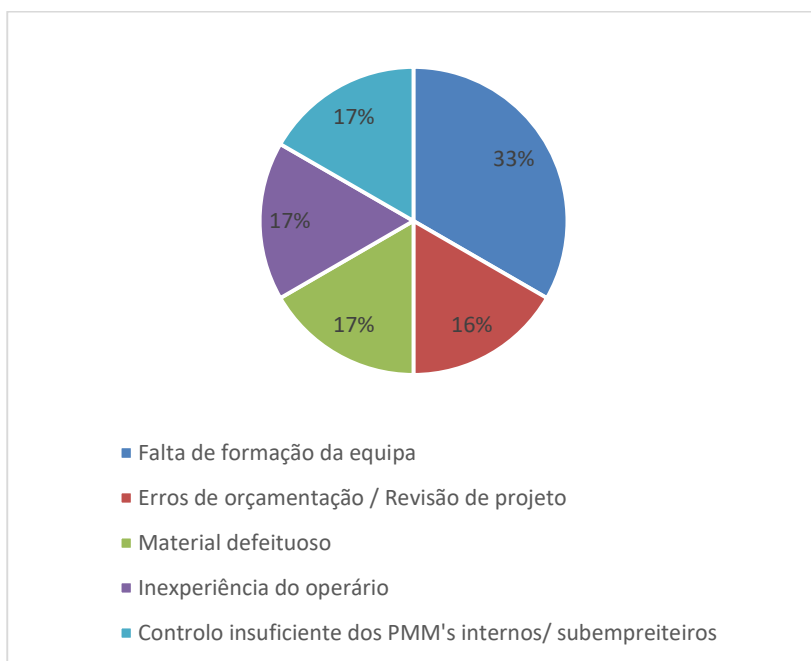


Figura 48 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 5

Caminho crítico 1 (Execução): Falta de formação da equipa (Figura 49). Existe a possibilidade de a equipa do subempreiteiro não ter a formação específica para a montagem deste tipo de vão. Esta falta de qualificação pode justificar uma incorreta regulação das ferragens ou falhas nas juntas. Sem o domínio prático das tolerâncias do fabricante, os operários poderão ter deixado folgas nas folhas de correr, o que ajuda a explicar tanto a entrada de ruído como a dificuldade no manuseamento dos vãos.

Caminho crítico 2 (Execução): Controlo insuficiente dos PMM's. Este caminho aponta para uma potencial falha na fiscalização dos trabalhos. Os PMM's para serralharias exigem a verificação de quatro pontos: material/ferragens, montagem do aro, funcionalidades e selagens. É provável que o controlo em obra tenha sido insuficiente, permitindo eventuais defeitos de afinação ou de selagem na ligação com a caixa de estore.

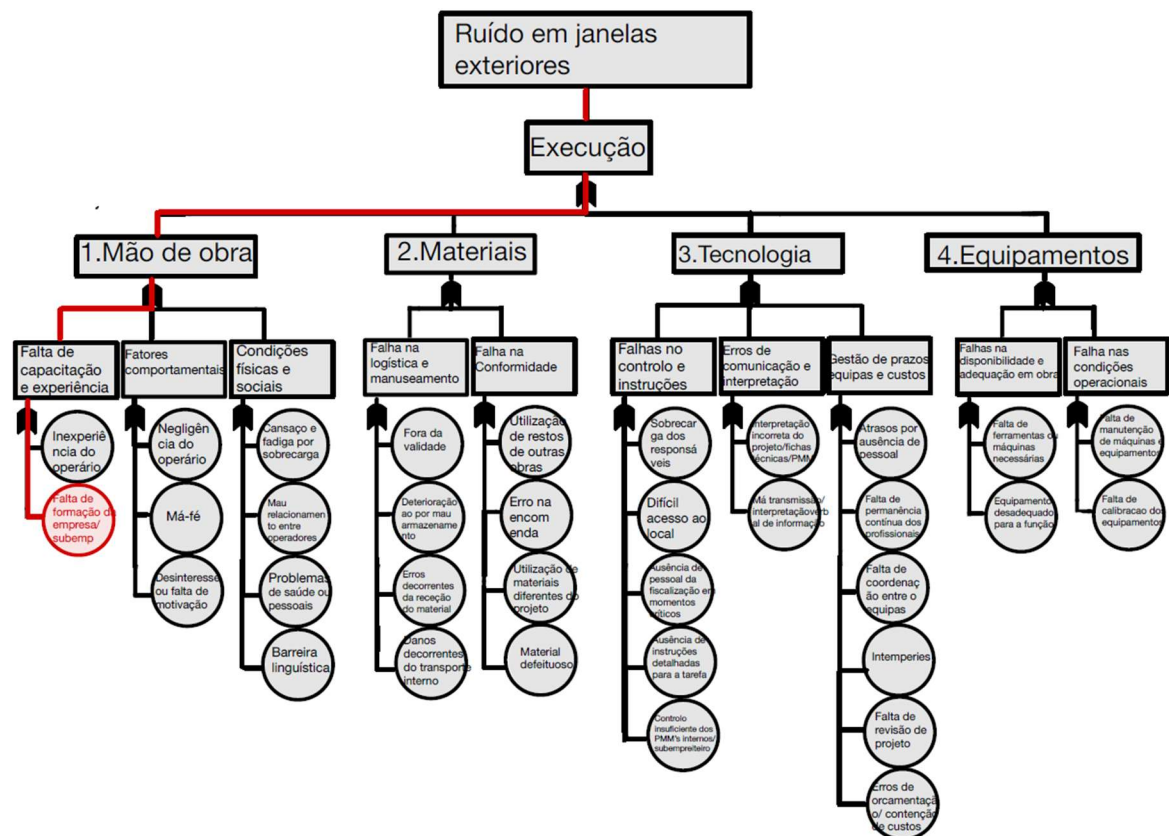


Figura 49 - Caminho crítico – Caso de estudo 5

5.3.5.7 Sugestões de melhoria

Controlo da Execução: A causa raiz da maioria dos ruídos é a deficiente execução das juntas de vedação e da interface janela-parede. Onde deve ser implementado um protocolo de afinação mecânica, garantindo que a folha da janela exerce a pressão máxima sobre as juntas e o preenchimento da cavidade entre o aro da janela e a parede (Blasco, Belis e Bleecker, De, 2011). Devem ser também executados ensaios acústicos, que inclusive são obrigatórios por lei segundo (Diário da República, 2008) de acordo com RRAE (DL 96/2008, artigo 3.º, n.º 6).

Maior rigor na escolha do subempreiteiro: Esta sugestão passa pelo aumento dos critérios de seleção de subempreiteiros, exigindo a certificação das equipas e o histórico de qualidade do instalador. A contratação deve ficar condicionada à comprovação da formação dos operários.

5.3.6 Caso de estudo 6 – Infiltrações em Janelas Exteriores

5.3.6.1 Seleção das anomalias da base de dados

Este caso de estudo foi selecionado por representar a segunda patologia mais frequente no elemento Janelas Exteriores (Quadro 14) e 1,5% dos casos gerais.

5.3.6.2 Categorização Normativa

No âmbito da gestão de garantias, a classificação desta anomalia é idêntica à do caso anterior (Ruído em Janelas Exteriores), inserindo-se no grupo de **Acabamentos** e no subgrupo de **Vãos exteriores**, mais especificamente **Janelas**. Estas possuem um prazo de garantia de **5 anos**.

5.3.6.3 Quantificação de Impacto

A Infiltração em Janelas situa-se num nível de **(2) Importância Significativa**. Para além do dano estético imediato em acabamentos interiores, a entrada de água compromete as condições de salubridade dos ocupantes.

5.3.6.4 Avaliação do desempenho operacional

Para os casos de infiltração em janelas, o cálculo do **Índice de Operacionalidade (IO)** reflete habitualmente um desempenho complexo devido à necessidade de identificação da origem da infiltração e posterior correção em período seco. Isto resulta numa classificação abaixo da aceitável, resultando num IO de **2,73**.

$$2,73 = N1(4,00) * 6\% + N(4,18) * 15\% + N(2,18) * 28\% + N(2,45) * 51\%$$

5.3.6.5 Diagnóstico de Origem

O diagnóstico de origem para as infiltrações em vãos revela que os problemas estão focados em aspetos relacionados com a instalação. Os dados sugerem que principal origem da causa é a execução (Figura 50).

Na sua opinião, qual é a fase responsável pelo aparecimento desta anomalia?
6 respostas

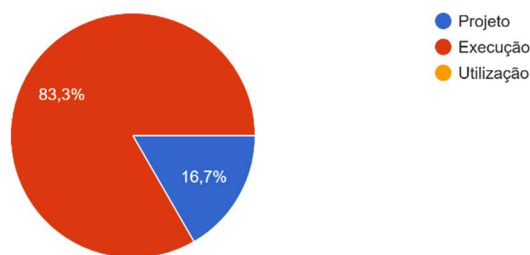


Figura 50 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 6

5.3.6.6 FTA

Este caso de estudo é bastante complexo e específico da especialidade de serralharia. A análise do registo fotográfico permite identificar uma porta-janela de correr em alumínio envidraçada. A acumulação de água ocorre no peitoril em períodos de chuva revela a possibilidade defeitos na furação para o escoamento da água e o errado dimensionamento ou a ausência de aplicação de acessórios indicados para o mesmo efeito.

O PMM para serralharias contempla medidas como:

- Material e acondicionamento (incluindo ferragens);
- Confirmar medidas e correta montagem de suporte/aro;
- Funcionalidades (incluindo ferragens e vedantes);
- Selagens e vedantes (de acordo com o fabricante);
- Verificar a ligação das caixilharias à envolvente (soleira/peitoril, ombreiras e padieiras);

- Ensaio de estanquidade com projeção de água durante 5 minutos.

No caso de a verificação do PMM ter sido executada, à partida teria sido detetado o defeito através do ensaio de estanquidade, muito antes da entrega do edifício ao atual proprietário. No entanto, dentro do mesmo PMM, não existe a indicação de proteção dos elementos construídos, nomeadamente na soleira que contém a furação para o escoamento da água que pode ter sido obstruída por restos de obra e poeiras (Figura 51).

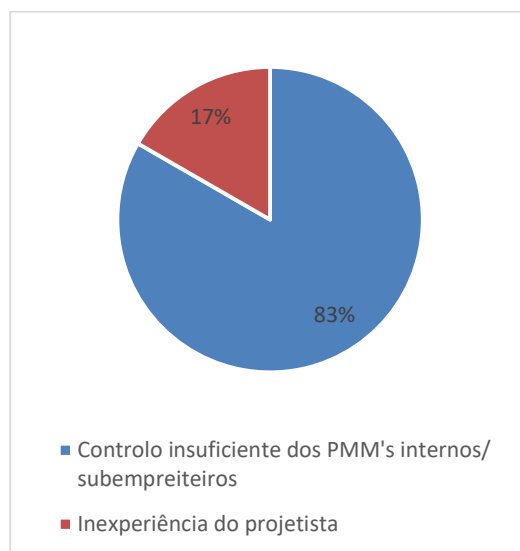


Figura 51 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 6

Caminho Crítico (Execução): Controlo insuficiente dos PMM's internos/subempreiteiro (Figura 52). Este caminho aponta para uma potencial lacuna na fiscalização dos vãos. Face à elevada quantidade de caixilharias na obra, é provável que o ensaio de estanquidade de 5 minutos previsto no PMM não tenha sido realizado de forma integral, mas sim por amostragem. Adicionalmente, a ausência de uma diretriz clara no PMM para a proteção dos elementos já instalados poderá ter permitido a acumulação de poeiras e restos de obra, obstruindo a furação de escoamento do peitoril, ou pior, a inexistência de furação ainda em fábrica.

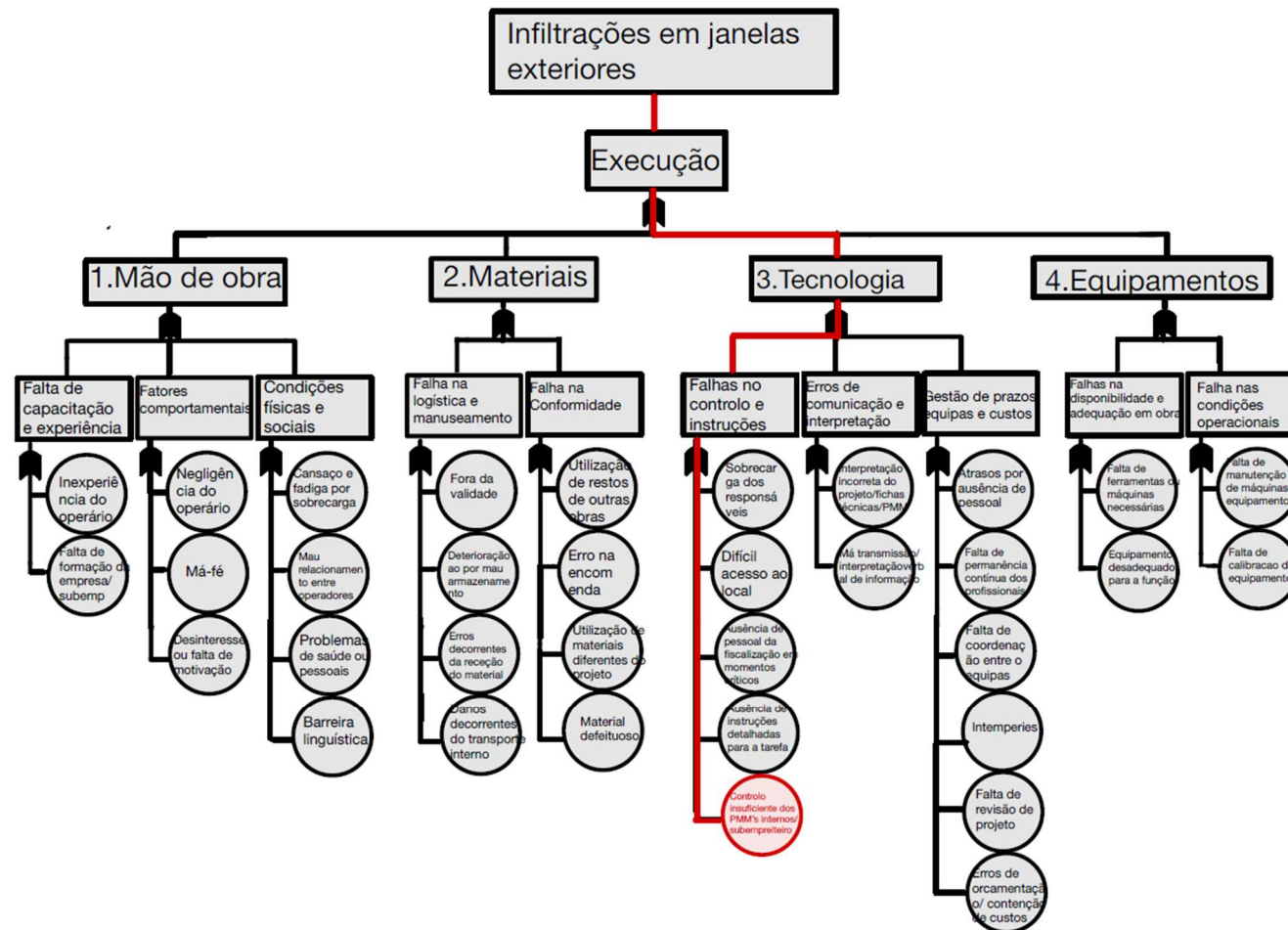


Figura 52 - Caminho crítico – Caso de estudo

5.3.6.7 Sugestões de melhoria

Melhoria do PMM: Esta sugestão passa pelo reforço da proteção física das caixilharias durante a construção para evitar danos acidentais e obstrução de canais de drenagem por detritos.

A má execução deve ser mitigada através de supervisão principalmente na etapa da selagem. Até porque, segundo (Carretero-Ayuso *et al.*, 2020) problemas relacionados com infiltração de água nos caixilhos devem-se essencialmente à deficiência na selagem (do peitoril com a fachada e a caixilharia) e ao material de construção e/ou colocação inadequados. Onde no seu estudo estes fatores ultrapassaram 80% dos casos.

Complementarmente (Vasco de Peixoto Freitas, [s.d.]), aponta também para deficiências nos peitoris e na dificuldade do escoamento da água, nomeadamente na falta de inclinação do mesmo. A par destas medidas, sugere-se a definição por parte da empresa de uma percentagem fixa de amostragem a ensaios de estanquidade.

5.3.7 Caso de estudo 7 – Avaria em Estores

5.3.7.1 Seleção das anomalias da base de dados

Este caso de estudo foca-se na principal falha encontrada nos estores: a perda de funcionalidade. Ao analisar a base de dados (Quadro 15), verifica-se que a causa Avaria/Erro mecânico é a mais comum, representando 29% dos casos. No entanto, observou-se que o diagnóstico registado como Avaria/erro mecânico já incluía, em muitos casos, problemas de Desencaixe e Bloqueio, até porque ambos se enquadram numa anomalia de erro mecânico.

Como estas três categorias descrevem falhas muito semelhantes que impedem o estore de subir ou descer, decidiu-se juntá-las numa única análise. Esta junção abrange 72% de todas as queixas registadas para este elemento, totalizando 4,5% dos pedidos da base de dados.

Quadro 15 – Causas de Anomalias em Estores

Causas da anomalia dos Estores	Contagem de Causas	%
Avaria/Erro mecânico	21	29%
Desencaixe/desaparafusamento	20	27%
Bloqueio	12	16%
Quebra/rompimento	8	11%
Outro	6	8%
Deformação/empeno	3	4%
Anomalia elétrica	2	3%
Ruido	1	1%
Total Geral	73	100%

5.3.7.2 Categorização Normativa

No âmbito da gestão de garantias e de acordo com a matriz hierárquica de Elementos Fonte de Gestão, estas anomalias inserem-se no grupo principal 2, relativo a **Acabamentos**, e integram o subgrupo 2.2, correspondente a **Vãos Exteriores**. Mais especificamente, as **janelas** encontram-se tipificadas no ponto 2.2.2 (Janelas), os estores, embora não detalhados individualmente na árvore simplificada, são considerados componentes acessórios fundamentais complementares das Janelas. Ambos os elementos possuem um prazo de garantia estipulado de **5 anos**.

5.3.7.3 Quantificação de Impacto

O impacto da avaria é classificado como **(2) Importância Significativa**. A impossibilidade de operar o estore (seja por bloqueio ou desencaixe) compromete funções básicas de habitabilidade, como o controlo da luminosidade, a privacidade e a eficiência térmica do edifício.

5.3.7.4 Avaliação do desempenho operacional

Na avaliação do desempenho operacional, este caso de estudo obteve um Índice de Operacionalidade (IO) de **3,55**.

$$3,55 = N1(3,49) * 6\% + N2(4,55) * 15\% + N3(3,19) * 28\% + N4(3,47) * 51\%$$

5.3.7.5 Diagnóstico de Origem

Quanto ao último caso de estudo referente ao deficiente funcionamento de estores, as respostas dos inquiridos dividiram-se entre as três fases, sendo a mais votada a execução (Figura 53).

Na sua opinião, qual é a fase responsável pelo aparecimento desta anomalia?
6 respostas

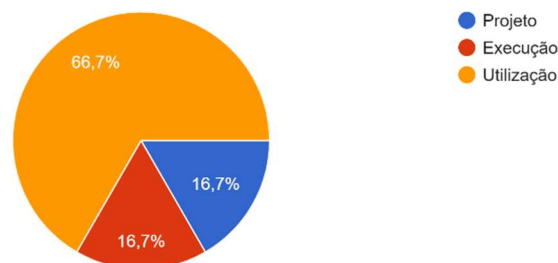


Figura 53 - Resultados do inquérito Diagnóstico de Origem – Caso de estudo 7

5.3.7.6 FTA

Primeiramente, foi necessário identificar, através dos registos fotográficos, se a anomalia dizia respeito a estores elétricos ou manuais, dado que esta especificação estava omissa na base de dados. Constatou-se a ausência da fita manual, confirmando-se tratar-se de um sistema motorizado. Esta característica diminui a probabilidade de um descuido direto por parte do utilizador no manuseamento, uma vez que o motor dispõe de um mecanismo de fim de curso.

Posto isto, restava compreender a causa da cedência das presilhas (elemento que liga as lâminas do estore ao respetivo rolo). Consideraram-se dois cenários hipotéticos: o primeiro, associado à execução, prende-se com uma eventual assimetria ou incorreção no posicionamento destes elementos, o que geraria uma distribuição desigual de esforços e consequente rutura.

Contudo, como o vão em análise aparenta ter uma largura inferior a 1,5 metros e, portanto, assume-se que dimensionamento terá sido o adequado (uma presilha em cada extremidade). O segundo cenário aponta para um potencial encravamento das lâminas. Isto poderá dever-se a uma incorreta limpeza na horizontal, que tendencialmente desalinha as lâminas, ou ao facto de as calhas guia estarem demasiado justas, originando o bloqueio do estore por dilatação térmica. Dado que as reclamações abrangem múltiplos subempreiteiros, torna-se estatisticamente improvável que diferentes instaladores tenham cometido o mesmo erro de execução. Assim, e em perfeita consonância com a opinião dos colaboradores que aponta maioritariamente para a fase de utilização (Figura 54), assume-se o caminho crítico como sendo o encravamento por rotinas incorretas de limpeza a causa mais provável.

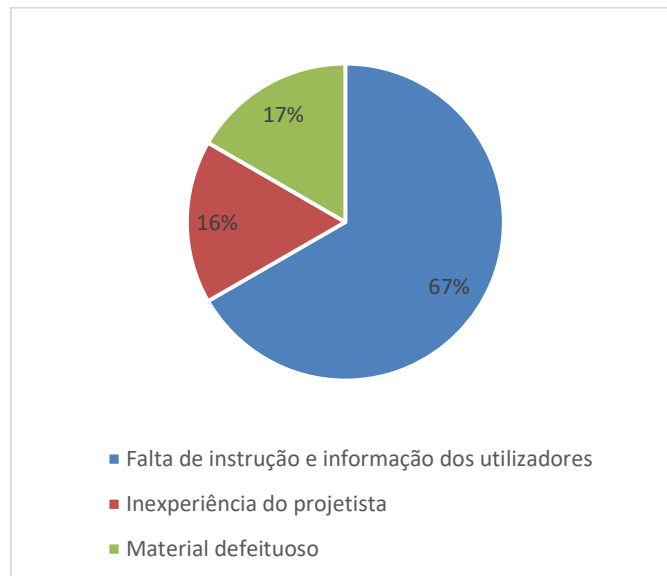


Figura 54 - Resultados do inquérito Evento Base – Caso de estudo 7

Caminho Crítico (Utilização): Falta de instrução e informação dos utilizadores (Figura 55). A falta de informação ou a ausência de um manual faz com que os utilizadores executem a limpeza e manutenção dos estores de forma errada ou negligente. Sem a correta limpeza e lubrificação periódica das calhas, o atrito do sistema aumenta significativamente, gerando o encravamento e o consequente rompimento das presilhas pelo esforço do motor.

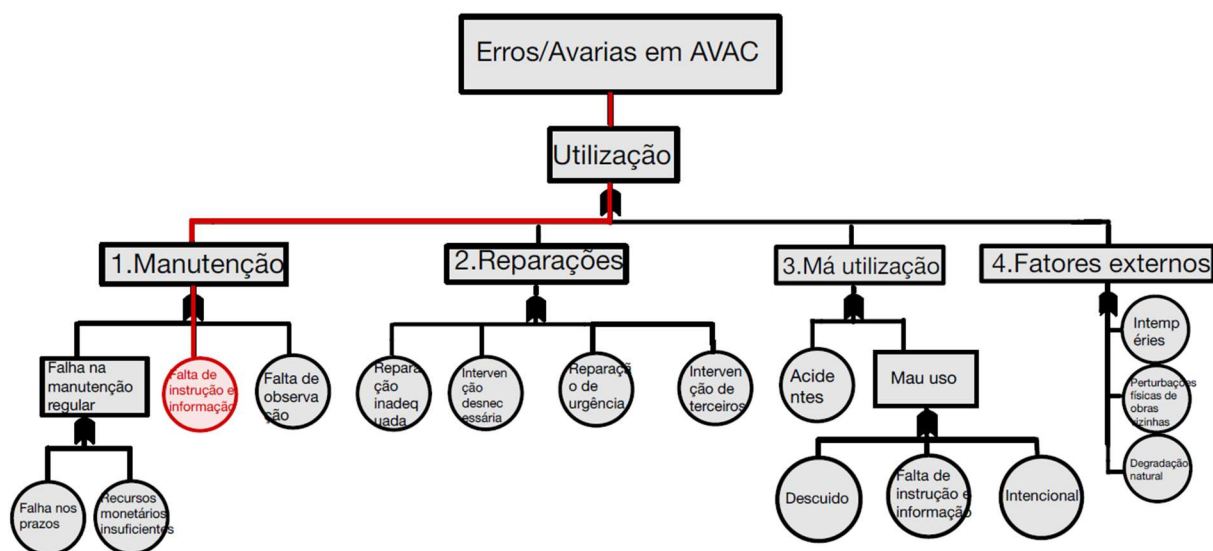


Figura 55 - Caminho crítico – Caso de estudo 7

5.3.7.7 Sugestões de melhoria

Disponibilização/Atualização do manual do utilizador: Para reduzir chamadas de assistência desnecessárias, a empresa deve fornecer um guia prático ao utilizador final. Este guia deve instruir comportamentos de manutenção, como instruções específicas de limpeza das lâminas e a indicação do plano de lubrificação das calhas tal como a substituição regular de pilhas nos comandos remotos.

5.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com o intuito de sintetizar os dados recolhidos e fundamentar a análise macroscópica das patologias em estudo, apresenta-se no Quadro 16 o resumo dos sete casos analisados. Esta matriz compila os principais indicadores qualitativos e quantitativos que caracterizam cada ocorrência. No presente subcapítulo, proceder-se-á à discussão individualizada de cada um destes parâmetros avaliados.

Quadro 16 - Resumo dos 7 casos de estudo

Parâmetros a avaliar	Elementos + Causas						
	Caso 1 Fissuras Paredes	Caso 2 Infiltração Paredes	Caso 3 Avaria AVAC	Caso 4 Infiltração AVAC	Caso 5 Ruído Janelas	Caso 6 Infiltração Janelas	Caso 7 Avaria Estores
Frequência de ocorrência global	5,9%	3,1%	4,2%	2,8%	2,4%	1,5%	4,5%
Tempo de garantia	5 anos	5 anos	3 anos	3 anos	5 anos	5 anos	5 anos
Nível de importância	1	2	2	2	2	2	2
Entidade executante	Própria	Subcont.	Subcont.	Subcont.	Subcont.	Subcont.	Subcont.
Desempenho Operacional	3,42	3,01	3,80	3,46	3,85	2,73	3,55
Diagnóstico de Origem (caso isolado)	Execução	Execução	Utilização	Execução	Execução	Execução	Utilização
Erro Base (caso isolado) FTA	Controlo Insuf. PMM's	Negligência do Operário	Manutenção o Falha nos prazos	Controlo Insuf. PMM's	Falta de Formação da Empresa/Sub	Controlo Insuf. PMM's	Falta de Instrução do Utilizador
Número de sugestões de melhoria	2	2	2	2	2	1	1

5.4.1 Frequência de Ocorrência

A análise detalhada na frequência de ocorrência permite identificar as patologias com que o setor do pós-venda mais tem de lidar diariamente, destacando-se os dois casos com maior expressão estatística no Quadro 17. O caso máximo é o Caso 1, que posiciona as fissuras em paredes interiores de gesso projetado como a anomalia mais recorrente. A elevada frequência sugere uma falha interna na transmissão do conhecimento técnico ou na pressão sobre os prazos de produção (cadência elevada), e não um problema de terceiros, uma vez que se trata do único caso que não foi sujeito a subempreitada.

Já no caso 7, o facto de surgir na fase de utilização indica que a empresa está a sofrer um volume considerável de reclamações por problemas que não dependem da sua qualidade construtiva direta, mas sim da falta de comunicação com o cliente final.

Quadro 17 – Relação entre a frequência de ocorrência e casos de estudo

Caso de Estudo	Frequência de Ocorrência
Caso 1 - Fissuras Paredes	5,90%
Caso - 7 Avaria Estores	4,50%
Caso 3 - Avaria AVAC	4,20%
Caso 2 - Infiltração Paredes	3,10%
Caso 4 - Infiltração AVAC	2,80%
Caso - 5 Ruído Janelas	2,40%
Caso - 6 Infiltração Janelas	1,50%

5.4.2 Tempo de Garantia

Importa destacar a total ausência, nesta amostra, de anomalias em elementos estruturais, que exigem o prazo máximo legal de 10 anos de garantia devido à sua criticidade. Por outro lado, as duas patologias que mais geram reclamações são também as com o segundo maior prazo de garantia, o que obriga a manter as equipas do pós-venda mobilizadas por mais tempo. Em suma, o tempo de garantia não deve ser visto apenas como um prazo legal, mas sim como o período de exposição direta ao risco financeiro da construtora.

5.4.3 Nível de Importância

O sistema de prioridades identificado no capítulo 3, cuja limitação foi anteriormente assinalada, revela um domínio de pedidos na base de dados com o grau de prioridade normal (mais de 70%), daí a proposta de reclassificação do parâmetro apresentada na metodologia.

Os resultados obtidos indicam que a reclassificação proposta não produziu uma diferenciação expressiva, o que se atribui à dimensão reduzida da amostra, insuficiente para extrair conclusões estatisticamente robustas. No entanto provou-se que 85,7% dos casos (Figura 56), ou seja, 6 em 7 apresentam o nível de prioridade 2 (importância significativa) e apenas 1 caso aparenta o nível 1 (menor importância).

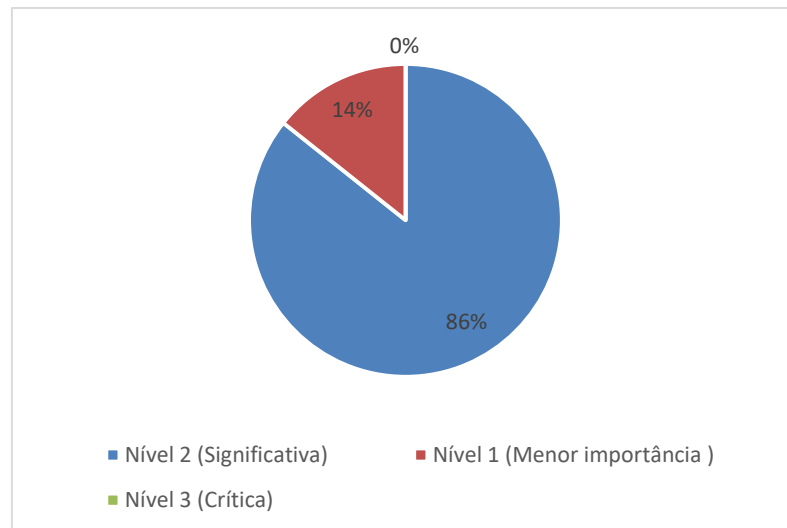


Figura 56 – Nível de importância dos casos de estudo

5.4.4 Entidade Executante

Existe claramente um domínio nos casos de estudo de mão de obra subcontratada (6 em 7 casos). Apesar da reduzida dimensão desta amostra, estes resultados confirmam algumas preocupações relacionadas com a subcontratação expostas no capítulo 2. As empresas subcontratadas são quase sempre micro ou pequenas empresas, sem estrutura suficiente e sem protocolos que priorizem a qualidade do serviço prestado (Mota, 2000). Isto sugere que o controlo de qualidade e a minimização de patologias na empresa dependem quase exclusivamente da eficácia na fiscalização sobre terceiros. Uma análise comparativa entre o peso relativo dos trabalhos executados por subempreiteiros no volume total de produção da empresa e a proporção de patologias a eles atribuídas permitiria identificar se existe, de facto, uma correlação estatisticamente significativa entre o recurso à subcontratação e o aumento da incidência de defeitos.

5.4.5 Desempenho operacional

Nesta escala, quanto maior a nota, melhor foi o desempenho operacional da empresa na resolução do problema. Notas baixas indicam processos lentos ou complexos. O objetivo deste parâmetro na metodologia era, precisamente, estabelecer um modelo de ordenação comparativa entre os cenários. Assim, a reduzida dispersão entre as notas não retira validade à análise, uma vez que o comportamento dos valores é fruto da própria fórmula utilizada para a classificação.

O verdadeiro valor deste indicador reside na hierarquia relativa ao nível de eficiência de resposta, culminando no Quadro 18. Sob esta perspetiva, a prioridade de intervenção estratégica da construtora deve focar-se nos últimos três casos da tabela, por demonstrarem uma maior dificuldade operacional. O alerta máximo recai sobre o último classificado (Caso 6 - Infiltração Janelas), cujo resultado se fixou num patamar insatisfatório.

Quadro 18 – Relação entre o desempenho operacional da empresa e os casos e estudo

Caso de Estudo	Desempenho Operacional (0 a 5)
Caso 5 - Ruído Janelas	3,85
Caso 3 - Avaria AVAC	3,80
Caso 7 - Avaria Estores	3,55
Caso 4 - Infiltração AVAC	3,46
Caso 1 - Fissuras Paredes	3,42
Caso 2 - Infiltração Paredes	3,01
Caso 6 - Infiltração Janelas	2,73

5.4.6 Diagnóstico de origem

O diagnóstico de origem foi fundamental para o aprofundamento deste método, foi este que ditou a primeira ramificação da árvore de falhas. Os resultados indicam a ausência absoluta de falhas decorrentes de projeto. Este facto contraria a própria revisão bibliográfica (cujo estudo de base remonta a uma realidade temporal mais antiga), onde aponta o projeto e como a principal fase responsável pelo surgimento de patologias (46%) e uma parte muito menos significativa para os materiais e utilização.

Perante a amostra analisada, é obtido o gráfico da Figura 57, onde os dados concluem que a Execução é o diagnóstico dominante, representando 71,4% das ocorrências (5 em 7 casos). Os restantes 28,6% distribuem-se pela fase de Utilização.

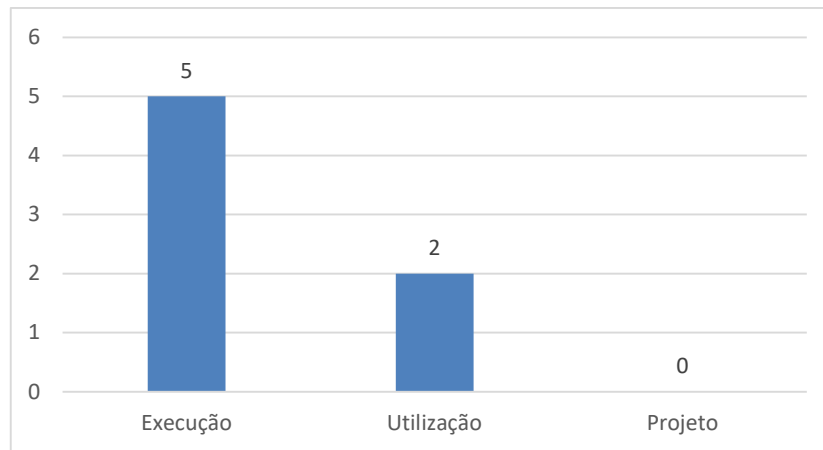


Figura 57 – Diagnóstico de Origem dos 7 casos de estudo

5.4.7 FTA Erro Base

Mesmo com a dispersão nas respostas dos especialistas, este estudo revela que, na prática, as anomalias raramente são causadas por um único fator, resultando antes da combinação de vários. Dada a complexidade de análise de cada patologia, os próprios profissionais inquiridos manifestaram frequentemente o desejo de selecionar mais do que uma opção por inquérito. Ainda assim, nesta amostra, é possível identificar claramente que o fator mais crítico prende-se com a necessidade de uma maior abrangência e rigor no controlo dos PMM's (Figura 58), com especial atenção sobre o trabalho das entidades subcontratadas.

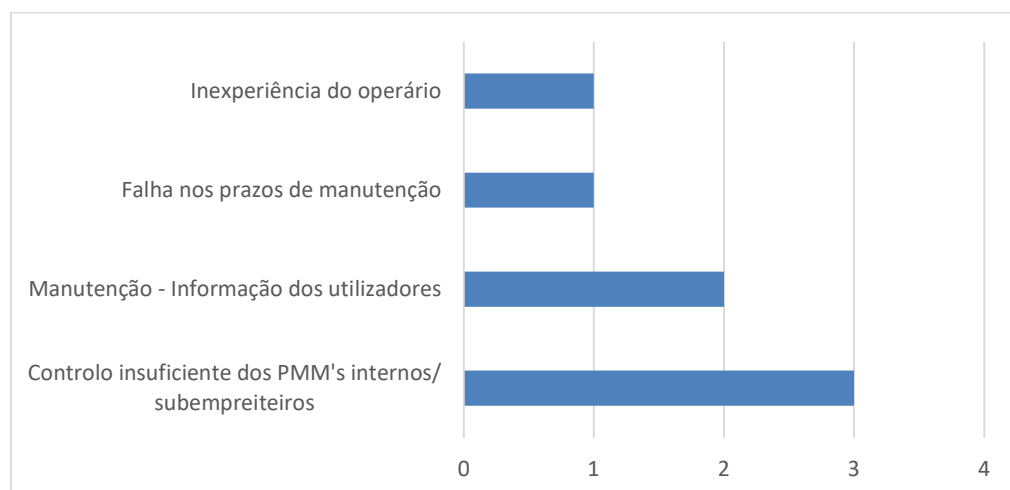


Figura 58 – Eventos Base mais frequentes dos casos de estudo

5.4.8 Sugestões de Melhoria

As sugestões de melhoria acabam por ser muito específicas para cada caso de estudo.

Destaca-se o maior detalhe dos PMM's existentes, com a definição de uma percentagem de amostragem mínima obrigatória para os ensaios contemplados, que deve ser definida pela organização.

Adicionalmente, propõe-se a criação de novos PMM's mais específicos, nomeadamente para bases de duche, AC, e radiadores, tendo como critério de escolha a sua vasta listagem na base de dados. O Quadro 19 exemplifica a aplicação desta metodologia para a instalação de bases de duche.

Quadro 19 – Exemplo de PMM de instalação de bases de duche (Rodrigues, 2025)

Bases de duche			
Momento	O que verificar	Tipo de controlo	Registo
Receção	Modelo, dimensões, compatibilidade com ralo/sifão, integridade da peça	100% visual	Ficha de receção
Pré-instalação	Cotas, suporte regular, pendente da zona de escoamento, posição da descarga	Métrico e visual	<i>Checklist</i>
Antes de fechar/revestir	Impermeabilização, ligação base-ralo, estanquidade da zona crítica	Ponto de paragem	Foto + aprovação
Após montagem	Nivelamento, apoio contínuo, selagens, juntas	100% visual	<i>Checklist</i> + fotos
Ensaio funcional	Enchimento/escoamento, velocidade de drenagem, ausência de fugas, ausência de água parada	Ensaio	Auto de ensaio
Pré-entrega	Acabamento, limpeza, ausência de fissuras e folgas	100% visual	Listagem de desconformidades final

As melhorias passam também pelo melhor controlo da mão de obra, maioritariamente subempreiteiros, incluindo maior critério na sua seleção. Para o efeito, propõe-se a implementação de uma tabela classificatória que contemple os fatores apresentados no Quadro 20, onde cada parâmetro é avaliado numa escala de 0 (muito mau) a 5 (excelente).

Os pesos apresentados foram obtidos através do método AHP utilizado no capítulo 4.3.4, constituindo uma proposta de referência fundamentada. Contudo, dado que cada empresa tem objetivos estratégicos distintos, estes pesos deverão ser revistos e adaptados pela organização em função das suas prioridades, podendo, por exemplo, valorizar mais o critério de prazo em contextos de obra com calendário crítico, ou o preço em fases de maior pressão orçamental.

Adicionalmente, estabelece-se que a classificação do critério “Desempenho anterior em obra semelhante” deve ser obrigatoriamente atribuída pelo anterior diretor de obra que trabalhou diretamente com o subempreiteiro em causa, garantindo uma validação realista e contextualizada. Os restantes critérios ficam sob avaliação global e direta da empresa. A fórmula de cálculo resultante traduz a avaliação num índice comparativo, constituindo uma ferramenta objetiva de apoio à decisão na seleção de parceiros.

Quadro 20 – Critérios de seleção de subempreiteiros

Critério	Peso sugerido
Desempenho anterior em obra semelhante	37%
Capacidade técnica da equipa	18%
Método de execução e controlo próprios	19%
Prazo e capacidade de resposta	12%
Segurança	5%
Preço	9%

Propõem-se ainda o fornecimento de manuais de utilização, manutenção e limpeza dos principais equipamentos aos utilizadores finais, priorizando, face aos resultados deste estudo, as janelas exteriores e os sistemas de AC's.

Com base nas diretrizes de (Moreira, Tonoli e Ruschel, 2018), propõe-se uma estruturação deste documento. O manual deve organizar-se em fichas técnicas de operação por componente, idealmente integradas numa plataforma digital. Este artigo defende a divisão deste documento em capítulos de acordo com a Figura 59, que apoia a recomendação do presente estudo.

ITEM	CAPÍTULO	SUBDIVISÕES	TÓPICOS
1	Apresentação	Índice Introdução Definições	
2	Memorial descritivo	Descrição da edificação	
3	Sistemas hidrossanitários Sistemas eletroeletrônicos Sistema de proteção contra descargas atmosféricas Sistemas de ar condicionado, ventilação e calefação Sistemas de automação Sistemas de comunicação Sistemas de incêndio Fundações e estruturas Vedações Revestimentos internos e externos Pisos Coberturas Jardins, paisagismo e áreas de lazer Esquadrias e vidros Pedidos de ligações públicas	Garantias e assistência técnica	Garantias e assistência técnica
		Fornecedores	Relação de fornecedores Relação de projetistas Serviços de utilidade pública
		Operação, uso e limpeza	Especificações e orientações
		Manutenção	Programa de manutenção preventiva Registros Inspeções
4	Informações complementares	Meio ambiente e sustentabilidade Segurança Operação dos equipamentos e suas ligações Documentação técnica e legal Elaboração e entrega do manual Atualização do manual	

Figura 59 – Disposição de um Manual de Utilização (Moreira, Tonoli e Ruschel, 2018)

Não é objetivo deste estudo afirmar que as medidas propostas alterariam estruturalmente o setor do pós-venda empresa. No entanto, existem outras recomendações fora do panorama construtivo que podem ajudar a organização a identificar o seu potencial de melhoria.

Este estudo revelou algumas barreiras na gestão e disponibilização da informação, que surgem agora como sugestões de mudança. A base de dados deveria garantir o acesso célere aos projetos e ter sempre preenchidos o registo das datas de entrega provisória e a identificação da entidade responsável pelo serviço, permitindo a correlação destes fatores. Adicionalmente, aponta-se como necessário o registo fotográfico obrigatório das intervenções executadas no período de garantia, bem como a descrição da resolução e a identificação da causa raiz de forma uniformizada dentro do software já utilizado, uma vez que isso já se verifica em aplicação para outros parâmetros da base de dados.

Uma lacuna identificada na base de dados diz respeito à ausência quase total de registros de custos associados às intervenções. Para colmatar esta falha, propõe-se que os custos de cada intervenção sejam sistematicamente introduzidos na plataforma *Infraspeak*. Nos casos em que a execução seja da responsabilidade de subempreiteiros, sugere-se que estes sejam contratualmente obrigados a anexar as respetivas faturas ou mapas de custos diretamente à ordem de trabalho na plataforma, no momento do fecho do pedido. Este procedimento permitiria, a médio prazo, calcular o custo real do pós-venda por tipo de patologia e por entidade executante, transformando a base de dados num instrumento de análise económica e de avaliação do desempenho dos parceiros.

6

CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES GERAIS

Deve realçar-se que as conclusões deste estudo não pretendem ditar a realidade do panorama nacional do setor da construção, uma vez que se restringem a uma amostra reduzida, pelo que os resultados obtidos devem ser interpretados como um contributo específico no contexto da empresa em análise. O grande destaque desta dissertação concentra-se na aplicação prática do método desenvolvido. Este revelou-se um instrumento útil que, aliado ao conhecimento dos profissionais envolvidos, culminou na obtenção de indicadores relevantes e na identificação de causas remotas nas anomalias mais frequentes.

Este processo compreendeu, primeiramente, o tratamento e a organização de dados brutos provenientes da base de dados do pós-venda da empresa. Nessa triagem foram extraídos os elementos fonte manutenção (EFM's) com maior número de ocorrências, assim como as suas causas primárias. Isto resultou na seleção de sete casos de estudo representativos, os quais foram submetidos ao método. O procedimento permitiu obter conclusões válidas, apesar do carácter mais ténue dos resultados devido às limitações de dimensão da amostra. Ainda que a amostra não permita generalizações estatisticamente robustas, os resultados obtidos são suficientemente consistentes para demonstrar que a metodologia aplicada tem potencial real para melhorar os processos construtivos.

No que toca aos resultados obtidos, retiram-se algumas evidências fundamentais:

1. As infiltrações em janelas exteriores registaram o indicador operacional menos favorável; traduzindo-se como a patologia com maior margem de progressão;
2. As fissuras de retração em paredes interiores constituem a ocorrência mais frequente;

3. Cerca de 1/3 dos registos dos elementos mais visados diz respeito a problemas de infiltração ou estanquidade;
4. Existe uma possibilidade de correlação entre as falhas específicas de ruído em janelas exteriores e as intervenções de uma empresa subcontratada isolada;
5. Conformidade com a revisão bibliográfica onde é referido que a subcontratação está associada a menor preocupação com a qualidade da execução (Mota, 2000). Dos 7 casos analisados, 6 dizem respeito a mão de obra subcontratada;
6. Domínio de erros ocorridos na fase de execução, seguidos da fase de utilização, não se tendo registado erros provenientes da fase de projeto. Resultado que contrasta com a literatura citada no capítulo 2 (Figura 11), onde o projeto é apresentado como o principal fator de risco;
7. Insuficiente controlo dos PMM's principalmente em relação aos subempreiteiros surge como a causa raiz mais frequente fruto da análise por Árvore de Falhas (FTA).

Posto isto, surgem algumas sugestões de melhoria como o maior detalhe e a criação de novos PMM's específicos, a definição de uma percentagem de amostragem mínima obrigatória para os ensaios e a disponibilização de manuais de utilização e manutenção aos utilizadores. Fora do panorama da execução surgem sugestões como o acesso imediato aos projetos no software, o registo das datas de entrega provisória do edifício e a identificação clara da entidade responsável por cada serviço na base de dados, assim como o registo fotográfico obrigatório das intervenções executadas no período de garantia, bem como a descrição da resolução e a identificação da causa raiz de forma uniformizada, já utilizada pela empresa em outros parâmetros.

A presente dissertação partiu de uma questão inicial: *Em que medida a análise de uma base de dados do pós-venda de uma empresa pode contribuir para a qualidade na construção?*

Neste sentido e como constatado anteriormente, a aplicação de um método que permita a compreensão de um erro, confere à empresa a capacidade preditiva do mesmo. A análise, provou que ao identificar padrões de falha transversais a várias patologias, a empresa permite-se a abandonar a exclusividade de um comportamento reativo.

Um dos contributos mais valiosos desta análise é a constatação de que um defeito raramente decorre de um erro único. Frequentemente é o resultado de múltiplos fatores. Desta forma, a correção de um erro específico atua como catalisador de uma melhoria indireta para outros defeitos. Este efeito demonstra que a melhoria da qualidade não é um processo linear, mas uma rede de interdependências. Esta dissertação, revela que a base de dados do pós-venda atua como uma memória institucional e quando o registo da causa raiz é comunicado ao departamento de execução, o histórico deixa de ser um custo para a empresa e passa a ser um ativo de melhoria. Isto confirma a hipótese de trabalho formulada no Capítulo 1: a análise de uma base de dados de pós-venda tem, de facto, capacidade para informar e melhorar decisões na fase de execução.

6.2 DIFICULDADES SENTIDAS

O desenvolvimento deste estudo acompanhou algumas dificuldades inerentes ao contexto profissional que fazem parte da realidade do setor. A primeira dificuldade residiu na gestão da informação contida na plataforma *Infraspeak*. Dada a sua complexidade técnica e o tempo necessário para o seu domínio, a extração de dados para suporte *Excel* revelou-se a via mais eficiente, embora com a limitação de não permitir a exportação integral de todas as informações existentes no *software* mencionado.

Paralelamente, a própria natureza do pós-venda impõe limitações, dada a impossibilidade de inspeções presenciais, até porque os registos analisados dizem respeito ao ano de 2025. Isto obrigou a FTA a basear-se quase exclusivamente nos registos fotográficos, por vezes, escassos das anomalias e nas informações disponibilizadas pela empresa.

Por fim a heterogeneidade de cada obra impossibilita a proposta de uma solução procedimental universal. Dadas as particularidades únicas de cada equipa de coordenação e as metodologias distintas adotadas.

6.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A presente investigação permitiu identificar algumas ramificações que, pela sua relevância, mereceriam um aprofundamento futuro.

Em primeiro lugar, destaca-se a possibilidade de realização de um balanço interno da empresa sobre a percentagem de trabalhos subcontratados face às patologias registadas, com o intuito de estabelecer uma correlação estatisticamente significativa entre os dois fatores.

Esta proposta justifica-se pelo facto de 6 em 7 casos de estudo analisados envolverem mão de obra subcontratada, o que sugere uma tendência que, a confirmar-se numa amostra mais alargada, implicaria uma revisão estrutural da política de contratação da empresa.

Adicionalmente, seria pertinente a aplicação mais extensiva do método a uma amostra de maior dimensão, abrangendo outros anos. Esta extensão permitiria superar a principal limitação do presente estudo e validar, com maior robustez estatística, os padrões de falha aqui identificados.

Por fim, propõe-se um estudo sobre a viabilidade económica das medidas preventivas sugeridas, comparando o investimento necessário com os custos reais decorrentes das intervenções em período de garantia. A ausência de registos de custos na base de dados atual, identificada como uma lacuna nas sugestões de melhoria, constitui precisamente o ponto de partida para este trabalho futuro, reforçando a importância da implementação do registo sistemático de custos proposto nesta dissertação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Todas as citações e referências bibliográficas foram elaboradas em conformidade com a norma NP 405.

ALOMARI, Omar Mostafa - Identification and Categorization of Building Defects. **Civil Engineering and Architecture**. . ISSN 2332-1091. 10:2 (2022) 438–446. doi: 10.13189/cea.2022.100204.

AZEVEDO, Isabel - **ANÁLISE COMPORTAMENTAL DE EDIFÍCIOS EM PRAZO DE GARANTIA - Estudo de Caso**. Porto : Feup, 2016

BELLANCO, I. *et al.* - A review of the fault behavior of heat pumps and measurements, detection and diagnosis methods including virtual sensors. **Journal of Building Engineering**. . ISSN 23527102. 39:2021) 102254. doi: 10.1016/j.jobbe.2021.102254.

BLASCO, M.; BELIS, J.; BLEECKER, H. DE - Acoustic failure analysis of windows in buildings. **Engineering Failure Analysis**. . ISSN 13506307. 18:7 (2011) 1761–1774. doi: 10.1016/j.engfailanal.2011.03.027.

CALEJO, Rui - Apontamentos para a Unidade Curricular de Manutenção e Reabilitação de Edifícios. Mestrado em Engenharia Civil-2º ano- especialização em Construções. Porto. 2025).

CARRETERO-AYUSO, Manuel J. *et al.* - Cataloguing of the Defects Existing in Aluminium Window Frames and Their Recurrence According to Pluvio-Climatic Zones. **Sustainability**. . ISSN 2071-1050. 12:18 (2020) 7398. doi: 10.3390/su12187398.

CARRETERO-AYUSO, Manuel J.; MORENO-CANSADO, Alberto; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, Justo - Occurrence of faults in water installations of residential buildings: An analysis based on user complaints. **Journal of Building Engineering**. . ISSN 23527102. 27:2020) 100958. doi: 10.1016/j.jobbe.2019.100958.

CCP - **CCP - Código de Contratos Públicos** [Em linha], atual. 2025. [Consult. 3 mar. 2026]. Disponível em WWW:<URL:https://www.base.gov.pt/Base4/media/24sjbz0o/ccp_dl112_2025_limiares-comunitarios-2026_2027.pdf>.

CHEN, Yan; LI, Haoqi - Research on Engineering Quality Management Based on PDCA Cycle. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. . ISSN 1757-899X. 490:2019) 062033. doi: 10.1088/1757-899X/490/6/062033.

COSTA, Jorge Manuel Fachana Moreira Da - **Métodos de avaliação da qualidade de projectos de edifícios de habitação**. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1995

DENMAN, Michael *et al.* - Post-Construction Defects in Multi-Unit Australian Dwellings: An Analysis of the Defect Type, Causes, Risks, and Impacts. **Buildings**. . ISSN 2075-5309. 14:1 (2024) 231. doi: 10.3390/buildings14010231.

DIÁRIO DA REPÚBLICA - Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho. 2008).

DIEGO CALVETTI - Apontamentos da Unidade Curricular de Economia. Mestrado em Engenharia Civil-1º ano. 2024).

DIOGO COUCEIRO DE QUEIROZ NEVES - **Avaliação Pós Construção [APC] - Desempenho em Fase de Garantia**. Porto : FEUP, 2022

FORCADA, Nuria *et al.* - Assessment of construction defects in residential buildings in Spain. **Building Research & Information**. . ISSN 0961-3218. 42:5 (2014) 629–640. doi: 10.1080/09613218.2014.922266.

HOLA, Bożena *et al.* - Analysis and Evaluation of the Influence of Selected Factors on the Occurrence of Defects in Polish Housing Construction Using the Example of the Lower Silesia Region. **Applied Sciences**. . ISSN 2076-3417. 14:1 (2023) 79. doi: 10.3390/app14010079.

INFRASPEAK - **Tudo sobre a Análise de Árvore de Falhas** [Em linha], atual. 2023. [Consult. 12 mar. 2026]. Disponível em WWW:<URL:<https://blog.infraspeak.com/pt-pt/analise-arvore-de-falhas/>>.

ISHAK, Sr Nor Haniza; CHOHAN, Afaq Hyder; RAMLY, Ahmad - Implications of design deficiency on building maintenance at post-occupational stage. **Journal of Building Appraisal**. . ISSN 1744-9545. 3:2 (2007) 115–124. doi: 10.1057/palgrave.jba.2950061.

ISO9000 - [Em linha], atual. 2015. [Consult. 6 mar. 2026]. Disponível em WWW:<URL:<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/45481/7a88f2b85cec4438a96de8da61970d1c/ISO-9000-2015.pdf>>.

ISO9001 - 2015).

ISO-15686-5 - [Em linha], atual. 2017. [Consult. 5 mar. 2026]. Disponível em WWW:<URL:<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/61148/788994fb469a43f3af1f1e6d046cfa71/ISO-15686-5-2017.pdf>>.

JOSÉ CARVALHO; FILIPE FURTADO; PEDRO PRÍNCIPE - Kit sobre dados de investigação RCAAP. 2014).

KABIR, Sohag - An overview of fault tree analysis and its application in model based dependability analysis. **Expert Systems with Applications**. . ISSN 09574174. 77:2017) 114–135. doi: 10.1016/j.eswa.2017.01.058.

LATEEF, Olanrewaju Abdul - Building maintenance management in Malaysia. **Journal of Building Appraisal**. . ISSN 1744-9545. 4:3 (2009) 207–214. doi: 10.1057/jba.2008.27.

MONTEIRO, Miguel - Apontamentos para a Unidade Curricular de Direção de Obras. Mestrado em Engenharia Civil-2º ano- especialização em Construções. Porto. 2025).

MOREIRA, Lorena Claudia De Souza; TONOLI, Julio Gattei; RUSCHEL, Regina Coeli - A prática do manual do proprietário da edificação: uma classificação conforme a NBR14037. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. . ISSN 1981-1543. 13:3 (2018) 119–134. doi: 10.11606/gtp.v13i3.128208.

MOTA, Dinis; Matos, Susana; Sousa, Hipólito; Santos, Artur - **QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO Contributos do projeto Mequalcon**. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Instituto da Construção, 2000

NASA - **Fault Tree Handbook with Aerospace applications** [Em linha], atual. ago. 2002. [Consult. 11 mar. 2026]. Disponível em WWW:<URL:https://www.mwfr.com/CS2/Fault%20Tree%20Handbook_NASA.pdf>.

PATRÍCIA FERNANDES ROCHA E RUI CALEJO RODRIGUES - How to maintain buildings: intervention strategies for the operationalization process of building maintenance regarding the design stages. 2017).

PAULINO, Carlos - **METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO DE ELEMENTOS EXTERIORES EM MADEIRA**. [S.l.] : FEUP, 2009

PEETERS, J. F. W.; BASTEN, R. J. I.; TINGA, T. - Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. **Reliability Engineering & System Safety**. . ISSN 09518320. 172:2018) 36–44. doi: 10.1016/j.ress.2017.11.024.

PEREIRA, Ana - **INTERVENÇÃO EM OBRAS NA FASE DE GARANTIA: IDENTIFICAÇÃO DE CAUSAS REMOTAS POR RECURSO AO MÉTODO FTA**. [S.l.] : FEUP, 2022

PINTO, Jorge *et al.* - Render reinforced with textile threads. **Construction and Building Materials**. . ISSN 09500618. 40:2013) 26–32. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.09.099.

PRIEDE, Jānis - Implementation of Quality Management System ISO 9001 in the World and Its Strategic Necessity. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. . ISSN 18770428. 58:2012) 1466–1475. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.1133.

RAH, Jeong-Eun *et al.* - A comparison of two prospective risk analysis methods: Traditional FMEA and a modified healthcare FMEA. **Medical Physics**. . ISSN 0094-2405. 43:12 (2016) 6347–6353. doi: 10.1118/1.4966129.

RODRIGUES, R. C. - Apontamentos para a Unidade Curricular de Fiscalização de Obras. Mestrado em Engenharia Civil-2º ano- especialização em Construções. Porto. 2025).

scientific method - [Em linha], atual. 14 jan. 2026. [Consult. 19 fev. 2026]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.britannica.com/science/scientific-method>>.

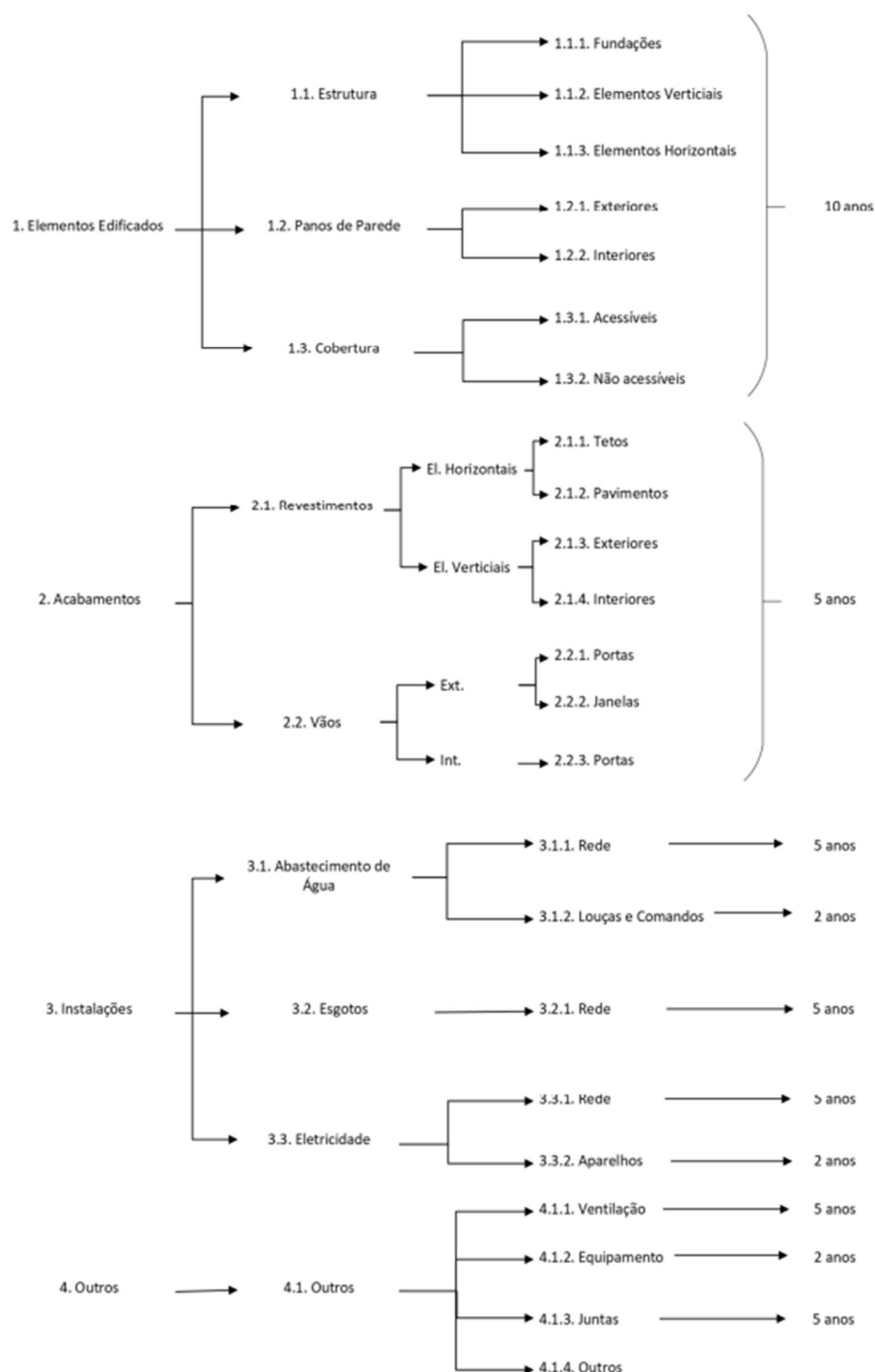
Sismo. Falta de qualidade das construções aumenta estragos e consequências - [Em linha], atual. 6 fev. 2023. [Consult. 19 fev. 2026]. Disponível em WWW:<URL:https://www.rtp.pt/noticias/mundo/sismo-falta-de-qualidade-das-construcoes-aumenta-estragos-e-consequencias_a1465188>.

TAYEH, Bassam A. *et al.* - Factors affecting defects occurrence in the construction stage of residential buildings in Gaza Strip. **SN Applied Sciences**. . ISSN 2523-3963. 2:2 (2020) 167. doi: 10.1007/s42452-020-1959-1.

VASCO DE PEIXOTO FREITAS - **Patorreb** [Em linha] [Consult. 21 abr. 2026]. Disponível em WWW:<URL:<https://patorreb.com/pt/default.asp?op=100>>.

ANEXOS

A.1 ELEMENTOS FONTE DE GESTÃO



A.2 FTA COMPLETA



